

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE PETROECUADOR TERMINAL RIOBAMBA”**

TESIS DE GRADO

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
QUÍMICO**

JOFFRE GERARDO SOLIS RODRIGUEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado.

A la Escuela de Ingeniería Química y a sus profesores los cuales me apoyaron con sus conocimientos en el trayecto de mi vida estudiantil.

Un agradecimiento de forma muy especial a mi director, y asesor de tesis quien con sus conocimientos y experiencia han sido guías en este proyecto.

De forma anhelada e incondicional le doy gracias a mis tíos que de una u otra forma me supieran dar su inmenso apoyo los mismos que han sido como unos padres para mí, los cuales me han motivado durante mi formación profesional.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado. Para ellos Muchas gracias y que Dios los bendiga.

DEDICATORIA

Este trabajo le dedico principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre, a pesar de nuestra diferencias de opiniones a sido y es un gran apoyo en mi vida. A mis hermanos Viviana no tengo palabras para agradecerte siempre tengo presente todo el apoyo brindado

A mi tíos Flor, Gonzalo, Maruja y en especial a mi tia Norma aunque no se la tenga en presencia física se la lleva en la memoria y hermosos recuerdos a todos ellos aunque me falte la vida para agradecerles reciban de mi parte el mas gigante agradecimiento.

“Yo, JOFFRE GERARDO SOLIS RODRIGUEZ, soy responsable de las ideas expuestas, y propuestas en el presente trabajo de investigación y el patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Silvio Álvarez Luna
DECANO FACULTAD DE CIENCIAS

.....

Ing. Mario Villacrés.
DIRECTOR DE ESCUELA DE ING. QUIMICA

.....

Ing. César Avalos.
DIRECTOR DE TESIS

.....

Dr. Gerardo León
MIEMBRO TRIBUNAL DE TESIS

.....

Ing. Eduardo Tenelanda
COORDINADOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACION

.....

INDICE	10
SUMMARY	18
INTRODUCCIÓN.....	19
ANTECEDENTES	21
JUSTIFICACION DEL PROYECTO DE TESIS	22
OBJETIVOS.....	23
OBJETIVO GENERAL:	23
OBJETIVOS ESPECIFICOS:.....	23
HIPOTESIS	24
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
DELIMITACION DEL PROBLEMA.....	27
1. MARCOTEÓRICO	28
1.1. GENERALIDADES	28
1.1.1. AGUAS RESIDUALES	28
1.1.2. AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	30
1.1.3. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.	30
1.1.4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	31
1.2. ETAPAS DEL TRATAMIENTO	33
1.2.1. ETAPA PRELIMINAR	33
1.2.2. TRATAMIENTO PRIMARIO.....	34
1.2.2.1. REMOCIÓN DE SÓLIDOS	34
1.2.2.2. REMOCIÓN DE ARENA.....	35
1.2.2.3. SEDIMENTACIÓN	35
1.2.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	35
1.2.3.1. DESBASTE	36
1.2.3.2. FANGOS ACTIVOS.....	37
1.2.3.3. FILTROS AIREADOS BIOLÓGICOS	37
1.2.3.4. REACTORES BIOLÓGICOS DE MEMBRANA.....	38
1.2.3.5. SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA.....	38
1.2.4. TRATAMIENTO Terciario.....	38
1.2.4.1. FILTRACIÓN.....	39
1.2.4.2. DESINFECCIÓN.....	39
1.2.4.3. TRATAMIENTO DE LOS FANGOS.....	40
1.2.4.4. TRATAMIENTO ANAEROBIO	40

1.2.4.5.	DIGESTIÓN AERÓBICA	41
1.2.4.6.	AIREACIÓN ATMOSFÉRICA	41
1.2.4.6.1.	MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE BANDEJAS PERFORADAS:	42
1.2.4.6.2.	UTILIZACIÓN DE TUBERÍAS PERFORADAS:	42
1.2.4.7.	HUMEDALES ARTIFICIALES	42
1.2.4.8.	LA COMPOSTA O ABONAMIENTO	42
1.3.	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	43
1.3.1.	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	44
1.3.2.	TEMPERATURA	44
1.3.2.1.	CONDUCTIVIDAD	45
1.3.2.2.	PH (POTENCIAL HIDRÓGENO).....	45
1.3.2.3.	SÓLIDOS TOTALES	46
1.3.2.4.	BARIO	46
1.3.2.5.	CROMO	47
1.3.2.6.	FENOLES	47
1.3.2.7.	NITRÓGENO.....	48
1.3.2.8.	OXÍGENO DISUELTO (OD)	48
1.3.2.9.	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO).....	49
1.3.2.10.	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (<i>DQO</i>)	49
1.3.2.11.	ACEITES Y GRASAS	50
1.3.2.12.	HIDROCARBUROS TOTALES DE PETROLEO	50
1.4.	DISEÑO	51
1.4.1.	GENERALIDADES DEL DESBASTE	51
1.4.3.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LA REJILLA DE LIMPIEZA MANUAL	55
1.4.4.	TRAMPA DE GRASAS	58
1.4.4.1.	PARÁMETROS DE DISEÑO	60
1.4.5.	SEDIMENTACIÓN	62
1.4.5.1.	TIPOS BÁSICOS DE SEDIMENTADORES	62
1.4.5.1.1.	TANQUES RECTANGULARES	62
1.4.5.1.2.	TANQUES CIRCULARES	64
1.4.5.2.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	65
1.4.6.	COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN	71
1.4.6.1.	TEST DE JARRAS	72
1.4.6.2.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	73

1.4.7.	GENERALIDADES DEL FILTRO BIOLÓGICO DE CARBÓN ACTIVADO	78
1.4.7.1.	DISEÑO DEL FILTRO BIOLÓGICO CON CARBÓN ACTIVADO COMO MEDIO DE CONTACTO	79
1.4.7.2.	PREDISEÑO DEL FILTRO CON CARBON ACTIVADO	81
1.4.8.	GENERALIDADES DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO	84
1.4.8.1.	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	85
1.4.8.1.1.	TANQUES CIRCULARES	86
1.4.8.1.2.	TANQUES RECTANGULARES	87
1.4.8.2.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	87
1.5.	LEYES Y NORMAS	90
1.5.1.	MARCO LEGAL	90
1.5.2.	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	90
1.5.3.	LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL	91
1.5.4.	LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	91
1.5.4.1.	EL CONSEJO SUPREMO DE GOBIERNO,	91
1.5.5.	REGLAMENTO SUSTITUTIVO DEL REGLAMENTO AMBIENTAL PARA OPERACIONES HIDROCARBURÍFERAS EN EL ECUADOR (1215)	91
1.5.6.	ORDENANZA MUNICIPAL	95
2.	PARTE EXPERIMENTAL	96
2.1.	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	96
2.2.	MUESTREO	96
2.3.	PLAN DE MUESTREO	96
2.4.	TECNICAS DE MUESTREO	97
2.5.	METODOLOGIA Y TECNICAS	98
2.5.1.	MÉTODOLOGIA	98
2.5.1.1.	DESCRIPTIVO	98
2.5.1.2.	HISTÓRICO	98
2.5.1.3.	INVESTIGATIVO	98
2.5.1.4.	INVESTIGACION DE CAMPO	99
2.5.1.5.	INDUCTIVO	99
2.5.1.6.	DEDUCTIVO	100
2.5.1.7.	EXPERIMENTAL	100
2.6.	TÉCNICAS	100
2.7.	PARTE EXPERIMENTALES	107

2.7.1. DIAGNÓSTICO	107
3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	109
3.1. CÁLCULOS Y RESULTADOS	110
3.1.1. CALCULO DEL VOLUMEN EN LA ISLA DE CARGA	110
3.1.2. CALCULO DEL VOLUMEN EN LA ISLA DE DESCARGA	111
3.1.3. DATOS DEL VOLUMEN.....	112
3.1.4. CALCULO DEL CAUDAL	114
3.1.5. CALCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA	114
3.1.6. CÁLCULOS PARA EL CANAL.....	115
3.1.7. CÁLCULOS PARA LAS REJILLAS.....	116
3.1.8. CÁLCULOS PARA TRAMPA DE GRASAS	118
3.1.9. CÁLCULOS PARA EL SEDIMENTADOR PRIMARIO	120
3.1.10. TEST DE JARRAS	122
3.1.10.1. DOSIFICACIÓN IDEAL DE POLICLORURO DE ALUMINIO AL 25%(P/V) .	122
3.1.10.2. TIEMPO DE RESIDENCIA	123
3.1.10.3. CÁLCULOS PARA EL TANQUE DE COAGULACION – FLOCULACIÓN...	124
3.1.11. CALCULOS DEL FILTRO BIOLÓGICO CON CARBÓN ACTIVADO.....	126
3.1.12. CALCULOS DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO	128
4. RESULTADOS	131
4.1. PROPUESTA.....	135
4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	136
4.3. PRESUPUESTO ECONOMICO	139
4.3.1. COSTO DE DISEÑO	139
4.3.2. COSTO POR OPERACIÓN MENSUAL.....	140
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141
5.1. CONCLUSIONES	141
5.2. RECOMENDACIONES	142
6. BIBLIOGRAFIA.....	143
ANEXOS.....	149

INDICE

INDICE DE ABREVIATURAS

<i>A</i>	Área
<i>ac</i>	Acuoso
<i>An</i>	Ancho
<i>atm</i>	Atmósferas
<i>a y b</i>	Constantes empíricas
<i>b</i>	Base
<i>Ba</i>	Bario
<i>BAF</i>	Filtros aireados (o anóxicos) biológicos
β	Factor dependiente de la forma de la barra
<i>C</i>	Concentración de <i>DBO</i> en el afluente
<i>C_D</i>	Coeficiente de resistencia al avance de las paletas
<i>CE</i>	Conductividad eléctrica
<i>Cr</i>	Cromo
<i>C_S</i>	Carga superficial
$^{\circ}C$	Grados centígrados
<i>DQO</i>	Demanda Química de Oxígeno
<i>DBO</i>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<i>d_{max}</i>	Nivel máximo de agua
<i>E</i>	Eficiencia requerida
<i>e</i>	Espesor máximo de las barras
<i>E_X</i>	Muestra femV
<i>E_S</i>	Tampón femV
<i>F</i>	Faraday
<i>f</i>	Grado de inclinación de las barras
<i>G</i>	Gradiente medio de velocidad

<i>g</i>	Gramo
<i>h</i>	Hora
<i>h_c</i>	Perdida de carga
<i>H_{reparto}</i>	Altura de reparto
<i>h₁</i>	Altura
<i>KT</i>	Constante de Tratabilidad
<i>Lg</i>	Largo
<i>log₁₀</i>	Logaritmo en base 10
<i>m</i>	Metro
<i>MBR</i>	Reactores Biológicos de Membrana
<i>mg</i>	Miligramo
<i>mm</i>	Milímetro
<i>m. s. n. m.</i>	Metro sobre el nivel de mar
<i>n</i>	Coefficiente de Manning
<i>N^º</i>	Número de barras
<i>NH₃</i>	Amoniaco
<i>NH₄</i>	Amonio
<i>NTE</i>	Norma Técnica Ecuatoriana
<i>π</i>	Número irracional
<i>OD</i>	Oxígeno disuelto
<i>Ø</i>	Diámetro
<i>P</i>	Potencia necesaria
<i>Pb</i>	Plomo
<i>pH</i>	Potencial de Hidrógeno
<i>Pr</i>	Profundidad
<i>ρ</i>	Angulo de inclinación
<i>ρ</i>	Densidad del fluído
<i>Q</i>	Caudal
<i>R</i>	Constante de los gases

<i>R</i>	Radio Hidráulico
<i>R_{central}</i>	Reparto central
<i>Rr</i>	Porcentaje de remoción esperado
<i>S</i>	Gradiente hidráulico
<i>SI</i>	Sistema de medición
<i>S/m</i>	Siemens por metro
<i>ST</i>	Sólidos totales
<i>T</i>	Temperatura
<i>TPH</i>	Hidrocarburos totales de petróleo
<i>Trh</i>	Tiempo de retención hidráulico
<i>μ</i>	Viscosidad dinámica
<i>um</i>	Micrómetro
<i>UV</i>	Ultra violeta
<i>v</i>	Velocidad
<i>V</i>	Volumen
<i>Va</i>	Vanadio
<i>Vt</i>	Velocidad de aproximación
<i>V_s</i>	Velocidad terminal
<i>W</i>	Separación entre barras
<i>Wo</i>	Carga orgánica afluente al filtro

INDICE DE TABLAS

Tabla I. Características de rejilla de limpieza manual	52
Tabla II. Parámetros de diseño para rejillas de barras de limpieza manual y mecánica.....	58
Tabla III. Material retenido según aberturas de rejillas	58
Tabla IV. Capacidades de retención de grasa	61
Tabla V. Tiempos de retención hidráulicos	61
Tabla VI. Consideraciones de diseño de decantación primaria	65
Tabla VII. Parámetros de diseño para sedimentadores rectangulares y circulares en el tratamiento primario	66
Tabla VIII. Velocidades terminales a caudal medio	67
Tabla IX. Velocidades terminales a caudal máximo	67
Tabla X. Tiempo de retención.....	70
Tabla XI. Valores de las constantes empíricas, a y b A 20 ° C	71
Tabla XII. Coagulantes y Floculantes	72
Tabla XIII. Cargas de superficie recomendadas para diversas suspensiones Químicas.....	74
Tabla XIV. Parámetros para coaguladores-floculadores	76
Tabla XV. Propiedades físicas del carbón activado para filtros percoladores	79
Tabla XVI. Compuestos orgánicos adsorbibles por el carbón activado granular ...	81
Tabla XVII. Información para el diseño de sedimentadores secundarios en procesos de filtro biológico.....	85

Tabla XVIII. Información sobre los valores de diseño para la producción de fangos en procesos de filtro biológico.....	85
Tabla XIX. Parámetros de diseño para sedimentadores secundarios	88
Tabla XX. Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas)	93
Tabla XXI. Límites permisibles en el punto de control en el cuerpo receptor (inmisión).....	94
Tabla XXII. Determinación del ph método APHA 4500 B	102
Tabla XXIII. determinación de la DQO método APHA 5220 D.....	103
Tabla XXIV. determinación de la DBO método APHA 5210 B.....	104
Tabla XXV. Determinación de la nitrógeno total método KJEDAHN	105
Tabla XXVI. Determinación de TDS método APHA 2540 B	106
Tabla XXVII. Resultados de los analisis fisico quimicos de la isla de carga	108
Tabla XXVIII. Resultados de los analisis fisico quimicos de la isla de descarga .	109
Tabla XXIX. Datos del volumen de agua para la limpieza de la isla de carga	112
Tabla XXX. Datos del volumen de agua para la limpieza de la isla de descarga	113
Tabla XXXI. Datos, algunos de los siguientes valores se obtienen de la Tabla VI.	116
Tabla XXXII. Resultados en el canal:	131
Tabla XXXIII. Resultados en las rejillas:	131
Tabla XXXIV. Resultados en la trampa de grasa:.....	132
Tabla XXXV. Resultados en el sedimentador primario:	132
Tabla XXXVI. Resultados en el tanque de floculación y coagulación:	133

Tabla XXXVII. Resultados en el filtro de carbón activado:.....	133
---	-----

Tabla XXXVIII. Resultados en el sedimentador secundario:	134
---	-----

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración I. Factores de forma B para secciones de barras	56
--	----

Ilustración II. Esquema de una trampa para grasas y aceites	60
--	----

Ilustración III. Tanque de sedimentación primaria rectangular	63
--	----

Ilustración IV. Tanque de sedimentación primaria circular	64
--	----

RESUMEN

Se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales para E.P.PETROECUADOR terminal Riobamba está ubicada en la parroquia San Juan Km 16, para mitigar descargas líquidas emanadas por la isla de carga y descarga.

Se utilizó métodos: experimentales, investigativo, histórico estableciendo un diseño adecuado para disminuir la contaminación. Se realizó una caracterización físico-química a nivel de laboratorio comparando resultados y denotando cuáles están fuera del límite permisible reglamentado ambientalmente, investigaciones de sistemas de tratamiento de otras estaciones, se tomó datos anteriores de caudales de descargas líquidas.

Se reportó parámetros fuera del límite permitido por RAHOE (Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador) como: TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) 573.50mg/L, 321.5mg/L respectivamente en cada isla, DQO (Demanda Química de Oxígeno) 1306mg/L, 597 mg/L, DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), 742mg/L, 388mg/L, sólidos totales 1540mg/L, 720mg/L, fenoles 0.52mg/L, 0.37mg/L y detergentes 2.05mg/L, 0.85mg/L. Se realizó pruebas de jarras determinando adecuadas dosis de coagulante 5 mg/L. de policloruro de aluminio en 60 minutos de reacción.

Se concluyó el adecuado dimensionamiento del sistema de tratamiento constando de dos rejillas manuales, una trampa de grasas, un tanque de sedimentación primaria de hormigón, un tanque de coagulación-floculación de plástico, un filtro biológico de carbón activado, finalizando con un tanque de sedimentación secundaria, los mismos que eliminarán los contaminantes presentes en el agua residual.

Se recomienda al ingeniero Jorge Bolaños jefe de E.P.PETROECUADOR terminal Riobamba implementar el sistema para reducir la cantidad de contaminantes del agua y poder descargarse al sistema de alcantarillado.

SUMMARY

It was designed a wastewater treatment plant for E.P PETROECUADOR terminal Riobamba, which is located in the Parrish: San Juan, Km 16, to diminish the liquid discharges emanated by the isle of charge and discharge.

It was used the methods: experimental, investigative, historic, establishing an adequate design to diminish contamination. It was made a characterization physical-chemical to lab level by comparing outcomes and denoting which are out of the permissible limit ruled environmentally, investigations of treatment systems of another stations, it was taken previous data from flow of liquid discharges.

It was reported parameters out of the permitted border by RAHOE - Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarbúferas en el Ecuador- (Environmental Rules of Hydrocarbon Operations in Ecuador) such as: TPH - Hidrocarburos Totales de Petróleo (Hydrocarbon Total Petroleum) 573.50 mg/L, 321.5 mg/L respectively on each isle, DQO -Demanda Bioquímica de Oxígeno- (Chemical Oxygen Demand) 1306 mg/L, 597 mg/L, DBO -Demanda Bioquímica de Oxígeno- (Biochemical Oxygen Demand), 742 mg/L, 388 mg/L, total solids 1540 mg/L, 720 mg/L, phenols 0.52 mg/L, 0.37 mg/L and detergent 2.05 mg/L, 0.85mg / L. it was made jar tests, determining adequate doses of coagulants 5 mg/L. of Aluminium Polychloride reaction in 60 minute-reaction.

It is concluded the adequate dimensioning of the treatment system composed of two manual grids, a fat trap, a primary sedimentation tank of coagulation-flocculation, a biologic filter of activated coal, finishing with a sedimentation secondary tank, the same that will eliminate contaminants in wastewater.

The chief engineer Jorge Bolaños EPPETROECUADOR terminal Riobamba implement the system to reduce the amount of pollutants discharged to water and sewer system is recommended.

INTRODUCCIÓN

Anterior a la década de los 60, todo cuanto tiene que ver con la contaminación fue desapercibido a partir de esta, a nivel mundial los términos contaminación de aire y agua se utilizan comúnmente.

El constante desarrollo de las ciudades, el crecimiento demográfico, la mejora de la calidad de vida de los seres humanos, entre otras razones, conllevan a que los procesos industriales y comerciales de cualquier naturaleza sean cada vez mayores en su número y más sofisticados, por ende la producción de residuos aumentan cada vez más en el planeta.

La clasificación de los residuos se pueden nombrar como: sólida, líquida, gaseosa orgánica e inorgánica; todos con igual importancia y con las mismas capacidades de contaminar irremediablemente el ambiente, donde la parte líquida aguas residuales proviene de la combinación de líquidos y/o aguas portadoras de residuos procedentes de residencias, entidades públicas, de centros comerciales e industriales, a las que, eventualmente, pueden agregarse aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

En los últimos años, se viene concientizando en el mundo entero por la preservación y cuidado del medio ambiente; la conciencia social y ambiental crece cada día y se ve reflejada en un sin número de medidas ya sean de prevención o remediación, sin embargo la contaminación del medio ambiente es inevitable.

Actualmente se cuenta con una respuesta adecuada de saneamiento ambiental por medio de los diferentes procesos de tratamiento, ya sean físicos, químicos y/o biológicos que se optan de acuerdo a las características del agua residual a tratar.

El objetivo primordial de cualquiera de estos tratamientos es reducir o eliminar por completo la carga contaminante de la descarga líquida, transformándola en un efluente final que cumpla con la normativa ambiental correspondiente al tipo de industria y sea inofensivo al ambiente o de un impacto menor.

El obstáculo que muchas veces se presenta al brindar un tratamiento adecuado a las aguas residuales reside en el costo económico que ello representa para las industrias en general.

Cada día las normativas ambientales son más exigentes, la sensibilidad de los límites ambientales se reducen y algunos de estos procesos de tratamiento son insuficientes, bien por las altas concentraciones de los contaminantes en el agua residual o por la resistencia de algunos compuestos a los procesos de tratamiento, como causa de ser contaminantes nuevos no encontrados en la naturaleza.

La Terminal de productos limpios E.P.PETROECUADOR Riobamba, se encuentra ubicada en la Provincia de Chimborazo, la misma que desarrolla sus actividades comerciales a nivel regional, lo que significa que tiene la obligación al igual que cualquier actividad industrial de dar cumplimiento a lo establecido dentro de todas las Ordenanzas Municipales.

De igual manera por ser parte de la industria hidrocarburífera etapa de expendio de derivados de petróleo la Estación de Servicios E.P. PETROECUADOR tiene como obligación cumplir con el Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (1215) el cual rige a nivel nacional los encargados del control, son el Ministerio de Minas y Petróleos por medio de la Subsecretaría de Protección Ambiental y la Dirección Nacional de Protección Ambiental respectivamente.

Por lo tanto, la Estación de Servicios E.P.PETROECUADOR tiene la obligación, acorde a su Plan de Manejo Ambiental, de brindar un tratamiento apropiado a sus descargas líquidas combinación de agua y derivados de petróleo que actualmente consiste en recolectar las aguas residuales por medio de colectores. Razón por la cual en la presente tesis se realizará el diseño de un sistema de tratamiento de las descargas líquidas en su totalidad.

ANTECEDENTES

El agua es y será un recurso indispensable para la vida de los seres vivos por lo tanto el uso y contaminación de la misma es inevitable, produciendo las llamadas aguas residuales ya sea a nivel doméstico o industrial.

Estas aguas residuales contienen contaminantes que de acuerdo a su naturaleza causan en mayor o menor proporción un impacto al medio ambiente. Observando y analizando el impacto al ecosistema hace algunos años se vienen tomando normas y leyes que obliguen a la disminución de los contaminantes del agua residual con el fin de reducir el gran impacto que ocasiona.

El constante desarrollo de las industrias conllevan a que los procesos industriales de cualquier naturaleza causen aún más un daño al ambiente es esa la razón por la cual se está dando una gran concienciación y obligación a nivel industrial que proporcionen previos tratamientos incluso una reutilización del efluente cabe recalcar que estos tratamientos no reducen completamente los contaminantes pero si proporciona un gran beneficio.

Actualmente E.P.PETROECUADOR RIOBAMBA se dedica al almacenamiento y distribución de productos hidrocarburíferos como son: gasolina súper, extra, y diesel los mismos que se distribuyen en la región central del país.

Esta empresa utiliza el agua principalmente para limpieza de maquinaria, tanques en sí todo el sistema de almacenamiento y distribución de combustibles.

Se aprovisiona de una vertiente luego de la limpieza y debido drenaje realiza su descarga en el río.

JUSTIFICACION DEL PROYECTO DE TESIS

E.P.PETROECUADOR RIOBAMBA es una empresa nueva la cual no cuenta con una planta de tratamiento para las aguas residuales, lo cual hace indispensable y urgente realizar un sistema adecuado de tratamiento analizando desde su recepción hasta la descarga.

Este proyecto de tesis es de vital importancia para E.P.PETROECUADOR RIOBAMBA, el cual tiene el compromiso con el cuidado del medio ambiente, y su cumplimiento con las leyes y reglamentos que impone el reglamento ambiental para las operaciones hidrocarburíferas en el Ecuador RAHOE 1215.

El implemento de una planta de tratamiento en esta empresa mejora la imagen de la estación hacia sus consumidores presentándose como una institución respetuosa hacia el medio ambiente y lo más importante con la sociedad misma del entorno.

El diseño de este proyecto se basa a la necesidad urgente de la empresa en reducir los altos porcentajes de DQO, DBO y Nitrógeno los cuales fueron los resultados de los análisis de las aguas que se obtuvieron de las operaciones del antiguo terminal.

La construcción de un sistema de tratamiento para las aguas residuales además de mejorar una imagen satisface la necesidad de reducir la contaminación que emite el terminal y obtiene ganancias socioeconómicas que hoy en día es muy importante para el desarrollo institucional y nacional.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para EP Petroecuador Terminal Riobamba.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Realizar la caracterización físico-química de las aguas residuales de EP Petroecuador Terminal Riobamba en función del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador (RAHOE).
- Determinar el sistema de tratamiento más adecuado en función de los parámetros que se encuentran fuera de especificación según el RAHOE.
- Diseñar el sistema de tratamiento para su implementación.

HIPOTESIS

Con el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales se reducirá la contaminación del agua que desecha E.P. Petroecuador terminal Riobamba y se obtendrá agua tratada que cumplirá con las especificaciones dadas por el Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador RAHOE (1215).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día los temas como el calentamiento global, efecto invernadero, pérdida de biodiversidad, daño de acuíferos se vinculan directamente con las operaciones hidrocarburíferas en todas sus etapas exploración, explotación, transporte, almacenamiento, refinación, expendio por lo cual la atención mundial se ha centrado en la reducción de los impactos ambientales de la industria petrolera, ya que una vez que la contaminación se produce sus efectos pueden prevalecer durante décadas.

A nivel mundial el uso de los derivados de petróleo, en el desarrollo de las actividades diarias de la sociedad es indispensable.

Debido a la preocupación actual por el deterioro del ambiente en el mundo entero, sean desarrollado; diferentes formas de tratamientos de aguas residuales. En Ecuador, la comercialización legal de los derivados de petróleo se lo realiza en Estaciones de Servicio punto de venta de combustibles de motor cuyos problemas de contaminación se concentran esencialmente en cuatro factores: recursos hídricos (subterráneos o superficiales), suelo, calidad de aire y nivel sonoro del aire.

En nuestro país existen leyes que obligan a las industrias a cumplir ciertos requerimientos de acuerdo al tipo de actividad industrial planteados en el Plan de Manejo Ambiental de cada empresa; las Entidades de Seguimiento y Control Ambiental son las encargadas de verificar el adecuado cumplimiento de las leyes ambientales.

La Estación de Servicios E.P.PETROECUADOR Terminal Riobamba está dedicada al almacenamiento y distribución de combustibles como son gasolinas súper, extra y diesel está vinculada directamente al Ministerio de Minas y Petróleos por medio de la Subsecretaria de Protección Ambiental y la Dirección Nacional de Protección Ambiental, por lo cual tiene la obligación de cumplir con lo

estipulado en el Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador RAHOE (1215).

Es compromiso de la empresa con la ciudad y el ambiente el cumplimiento de los límites permitidos en las Normas Ambientales vigentes colaborando de esa forma a no romper el vulnerable equilibrio del entorno.

DELIMITACION DEL PROBLEMA

En nuestro país el problema de contaminación de aguas residuales industriales probablemente no sea tan grave debido a la gran biodiversidad de nuestro medio cabe señalar que en estos últimos años existe un gran índice de contaminación ambiental por parte de las industrias, pero no debemos esperar que este problema sea incontrolable, se debe buscar soluciones e implementarlas para poder reducir el gran impacto ambiental y evitar el mismo, el país ya ha tomado las iniciativas para controlar los problemas ambientales, pero la participación de estudiantes de educación superior ya no debe solo ser obligatoria sino también de forma moral e integra en forma investigativa, y práctica.

Este proyecto tiende a un análisis y al mismo tiempo a dar una solución del problema de la contaminación de agua que emite la estación de E.P. Petroecuador terminal Riobamba, reduciendo aquel problema en un gran porcentaje.

1. MARCOTEÓRICO

1.1. GENERALIDADES

Los vertidos industriales, debido a su gran diversidad, necesitan una investigación propia de cada tipo de industria y la aplicación de procesos de tratamientos específicos.

Pueden citarse algunos factores principales que la contaminación industrial tiene en común con la contaminación de origen urbano, pero las vías de depuración, normalmente, deben definirse industria por industria.

Al enumerar las principales industrias, se ve que según las contaminaciones que producen, justifican tratamientos biológicos o tratamientos estrictamente químicos.

Las estaciones de tratamiento de aguas industriales se destinan a cumplir unas normas de vertido, que no se refieren únicamente a la de D.B.O., a la D.Q.O. y a los contenidos de materiales en suspensión, sino, también, a un cierto número de compuestos minerales y orgánicos.

La definición de todo tratamiento deberá basarse en:

- El conocimiento de los diversos contaminantes.
- La caracterización de los efluentes.
- La organización de los desagües y la separación del efluente.
- La elección entre los diversos métodos de depuración fisicoquímica y/o biológica.

Por lo tanto, el buen funcionamiento de la instalación dependerá de que se realice previamente un estudio minucioso, ya que cualquier elemento nocivo, que no se hubiera tenido en cuenta, podría perturbar seriamente la instalación.

1.1.1. AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales se generan por diferentes usuarios como son:

- Aguas domesticas: son las aguas que se generan en los hogares de los habitantes de una ciudad.
- Servicios: oficinas públicas, hospitales, restaurantes, hoteles, etc.
- Pequeña y mediana industria: talleres de costura, talleres eléctricos y mecánicos, microindustria, etc.
- Industria desarrollada: son empresas de mediano y gran tamaño que emplean más de 20 personas por turno y desarrollan alguna actividad de manufactura que tiene un uso intensivo del agua. Ejemplo de estas son: industrias maquiladoras, industria de manufactura, rastros privados y municipales, entre otros.

Las aguas domesticas en general son muy accesibles para el tratamiento biológico tradicional. No contienen agentes tóxicos o no biodegradables en cantidades apreciables, y su composición aunque variable está dentro de un rango muy definido.

La composición del agua producida en los servicios y la pequeña y mediana industria puede o no ser directamente accesible al proceso biológico que se emplea en una planta de tratamiento de aguas residuales del municipio u organismo que opera la planta de aguas residuales de la comunidad.

La industria desarrollada o gran industria, generalmente tienen su planta de proceso internamente dentro de la unidad de producción, y una vez que el agua recibe tratamiento secundario o terciario, ésta se recicla y se emplea en usos no potables o se vierte a la red de drenaje, si después del tratamiento interno los parámetros de calidad están dentro de las normas de calidad de agua de este tipo.

Las aguas residuales procesadas con tratamiento secundario o terciario se integran al medio ambiente y se vierten en: ríos, lagos y lagunas para que sigan su curso y no dañen los nichos ecológicos y el medio ambiente. Esta es la forma más común de disponer de las aguas residuales depuradas.

1.1.2. AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Las aguas residuales de proceso provienen del empleo del agua como medio de transporte, lavado, refrigeración directa, etc. La contaminación de la misma proviene del contacto con los productos de fabricación o los líquidos residuales.

Según la actividad de la industria, para su tratamiento deberá tomarse en cuenta el tipo de vertido que produce estas industrias dentro de las cuales se clasifican:

- Industrias con efluentes principalmente orgánicos: papeleras, azucareras, curtidos, conserveras, lecherías y subproductos, bebidas fermentaciones, preparación de productos alimenticios, y lavanderías.
- Industrias con efluentes orgánicos e inorgánicos: Petroquímicas, Refinerías y coquerías, Químicas y Textiles.
- Industrias con efluentes principalmente inorgánicos: Químicas, limpieza y recubrimiento de metales, explotaciones mineras y salinas.

Dentro de la Industria petroquímica tenemos varios contaminantes dentro de los cuales podemos mencionar los siguientes: concentración de materia orgánica, aceites, fenoles, amoníaco y sulfuros.¹

1.1.3. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.

Los combustibles líquidos, desde el punto de vista industrial, son productos que provienen del petróleo bruto o del alquitrán de hulla. Los clasificamos según su viscosidad o según su fluidez si es que proceden del alquitrán de hulla.

La gran variedad de procesos industriales genera un amplio abanico de efluentes, que requiere en cada caso una investigación individual y frecuentemente un proceso de tratamiento específico.

¹ FUENTE: repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/151/.../Tesis%20final.pdf

Además es necesario conocer el sistema de producción de la industria en concreto y los sistemas de organización de los procesos involucrados. Hay diferentes tipos de efluentes industriales a considerar:

- Efluentes de los procesos generales de fabricación. La mayoría de procesos aumentan la contaminación de los efluentes por el contacto que tienen con gases, líquidos o sólidos. Los efluentes pueden ser continuos o intermitentes. Algunos sólo se producen algunos meses al año (campañas en la industria agroalimentaria).
- Efluentes específicos. Algunos efluentes son separados de corrientes específicas del proceso tal es el caso: Baños de electro platinado, sosa cáustica gastada, licores de amonio de plantas de carbón.
- Condensados de la producción de papel, líquidos madres de la industria alimentaria.
- Efluentes tóxicos y concentrados.
- Efluentes procedentes de servicios generales.
- Efluentes intermitentes. No deben olvidarse y pueden provenir de vertidos accidentales de productos, durante su manejo o almacenamiento.²

1.1.4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.

El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólidos o lodo) convenientes para su disposición o reúso. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.

² FUENTE:http://prueba2.aguapedia.org/master/ponencias/modulo1/ponencias_modulo01_master_04-06/ari_generalidades.pdf

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías y eventualmente bombas a una planta de tratamiento municipal. A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de aguas domésticas o industriales empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque se puede triturar esos materiales por equipo especial; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual.

Para eliminar metales disueltos se utilizan reacciones de precipitación, que se utilizan para eliminar plomo y fósforo principalmente.

A continuación sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas.

Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc.

El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.) Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

1.2. ETAPAS DEL TRATAMIENTO

Las etapas de los procesos de tratamiento son típicamente referidos a:

- Etapa preliminar (regulación de caudal y recogimiento de sólidos flotantes)
- Tratamiento primario (asentamiento de sólidos)
- Tratamiento secundario (tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente)
- Tratamiento terciario (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección).

1.2.1. ETAPA PRELIMINAR

La etapa preliminar debe cumplir dos funciones:

- Medir y regular el caudal de agua que ingresa a la planta
- Extraer los sólidos flotantes grandes y la arena (a veces, también la grasa).

Hay horas, generalmente durante el día, en las que el volumen de agua producida es mayor, por lo que deben instalarse sistemas de regulación de forma que el caudal que ingrese al sistema de tratamiento sea uniforme.

Así mismo, para que el proceso pueda efectuarse normalmente, es necesario filtrar el agua para retirar de ella sólidos y grasas.

Las estructuras encargadas de esta función son las rejillas, tamices, trituradores (a veces), desgrasadores y desarenadores. En esta etapa también se puede realizar la preaireación, cuyas funciones son:

- Eliminar los compuestos volátiles presentes en el agua servida, que se caracterizan por ser malolientes.
- Aumentar el contenido de oxígeno del agua, lo que ayuda a la disminución de la producción de malos olores en las etapas siguientes del proceso de tratamiento.

1.2.2. TRATAMIENTO PRIMARIO

El tratamiento primario es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí conocido también como tratamiento mecánico. Tiene como objetivo eliminar los sólidos en suspensión por medio de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por coagulantes y floculantes.

Así, para completar este proceso se pueden agregar compuestos químicos (sales de hierro, aluminio y poli electrolitos floculantes) con el objeto de precipitar el fósforo, los sólidos en suspensión muy finos o aquellos en estado de coloide.

Las estructuras encargadas de esta función son los estanques de sedimentación primarios o clarificadores primarios. Habitualmente están diseñados para suprimir aquellas partículas que tienen tasas de sedimentación de 0,3 a 0,7mm.

Así mismo, el período de retención es normalmente corto, 1 a 2 *h*, y la profundidad del estanque fluctúa entre 2 a 5 *m*. En esta etapa se elimina por precipitación alrededor del 60 al 70% de los sólidos en suspensión. En la mayoría de las plantas existen varios sedimentadores primarios y su forma puede ser circular cuadrada o rectangular.

1.2.2.1. REMOCIÓN DE SÓLIDOS

En el tratamiento mecánico, el afluente es filtrado en cámaras de rejillas para eliminar todos los objetos grandes que son depositados en el sistema, tales como trapos, barras, compresas, tampones, latas, frutas, papel higiénico, etc.

Éste es el usado más comúnmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente.

Este tipo de basura se elimina porque esto puede dañar equipos sensibles en la planta de tratamiento de aguas residuales. Además los tratamientos biológicos no están diseñados para tratar sólidos.

1.2.2.2. REMOCIÓN DE ARENA

Esta etapa (también conocida como escaneo o maceración) típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. Este equipo es llamado colector de arena.

La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento.

1.2.2.3. SEDIMENTACIÓN

Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios.

Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse.

El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente.

1.2.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario está diseñado para degradar sustancialmente el contenido biológico del agua residual, el mismo que deriva de residuos humanos, residuos de alimentos, jabones y detergentes. La mayoría de las plantas municipales utilizan procesos biológicos aeróbicos para este fin.

El objetivo es eliminar la materia orgánica en disolución y en estado coloidal mediante un proceso de oxidación de naturaleza biológica seguido de sedimentación.

Este proceso biológico es un proceso natural controlado en el cual participan los microorganismos presentes en el agua residual, y que se desarrollan en un reactor o cuba de aireación, más los que se desarrollan, en menor medida en el decantador secundario.

Estos microorganismos, principalmente bacterias, se alimentan de los sólidos en suspensión y estado coloidal produciendo en su degradación anhídrido carbónico y agua, originándose una biomasa bacteriana que precipita en el decantador secundario.

Así, el agua queda limpia a cambio de producirse unos fangos para los que hay que buscar un medio de eliminarlos. En el decantador secundario, hay un flujo tranquilo de agua, de forma que la biomasa, es decir, los flóculos bacterianos producidos en el reactor, sedimentan.

El sedimento que se produce y que está formado fundamentalmente por bacterias se denomina fango activo. Los microorganismos del reactor aireado pueden estar en suspensión en el agua (procesos de crecimiento suspendido o fangos activados), adheridos a un medio de suspensión (procesos de crecimiento adherido) o distribuidos en un sistema mixto (procesos de crecimiento mixto).

Las estructuras usadas para el tratamiento secundario incluyen filtros de arena intermitentes, filtros percoladores, contactores biológicos rotatorios, lechos fluidizados, estanques de fangos activos, lagunas de estabilización u oxidación y sistemas de digestión de fangos.

1.2.3.1. DESBASTE

Consiste habitualmente en la retención de los sólidos gruesos del agua residual mediante una reja, manual o auto limpiante, o un tamiz, habitualmente de menor paso o luz de malla. Esta operación no sólo reduce la carga contaminante del agua a la entrada, sino que permite preservar los equipos como conducciones, bombas y válvulas, frente a los depósitos y obstrucciones provocados por los sólidos, que habitualmente pueden ser muy fibrosos: tejidos, papeles, etc.

Los filtros de desbaste son utilizados para tratar particularmente cargas orgánicas fuertes o variables, típicamente industriales, para permitirles ser tratados por procesos de tratamiento secundario. Son filtros típicamente altos, filtros circulares llenados con un filtro abierto sintético en el cual las aguas residuales son aplicadas en una cantidad relativamente alta.

El diseño de los filtros permite una alta descarga hidráulica y un alto flujo de aire. En instalaciones más grandes, el aire es forzado a través del medio usando sopladores. El líquido resultante está usualmente con el rango normal para los procesos convencionales de tratamiento.

1.2.3.2. FANGOS ACTIVOS

Las plantas de fangos activos usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven substancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material y puede, bajo condiciones ideales, convertir amoníaco en nitrito y nitrato, y en última instancia a gas nitrógeno.

Se utiliza la capa filtrante de goteo utilizando plantas más viejas y plantas receptoras de cargas más variables, las camas filtrantes son utilizadas donde el licor de las aguas residuales es rociado en la superficie de una profunda cama compuesta de coque (carbón, piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos).

Las películas biológicas de bacterias, protozoarios y hongos se forman en la superficie media y se comen o reducen los contenidos orgánicos. Esta biopelícula es alimentada a menudo por insectos y gusanos.

1.2.3.3. FILTROS AIREADOS BIOLÓGICOS

Filtros aireados (o anóxicos) biológicos (BAF) combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. BAF incluye usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. Los medios están en la suspensión o

apoyados por una capa en el pie del filtro. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro.

La reducción del carbón y la conversión del amoníaco ocurre en medio aerobio y alguna vez alcanzado en un sólo reactor mientras la conversión del nitrato ocurre en una manera anóxica. BAF es también operado en flujo alto o flujo bajo dependiendo del diseño especificado por el fabricante.

1.2.3.4. REACTORES BIOLÓGICOS DE MEMBRANA

MBR es un sistema con una barrera de membrana semipermeable o en conjunto con un proceso de fangos. Esta tecnología garantiza la remoción de todos los contaminantes suspendidos y algunos disueltos. La limitación de los sistemas MBR es directamente proporcional a la eficaz reducción de nutrientes del proceso de fangos activos.

El coste de construcción y operación de MBR es usualmente más alto que el de un tratamiento de aguas residuales convencional de esta clase de filtros.

1.2.3.5. SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA

El final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro, y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida. En una planta de tratamiento rural, se realiza en el tanque de sedimentación secundaria.

1.2.4. TRATAMIENTO TERCIARIO

Tiene como objetivo suprimir algunos contaminantes específicos presentes en el agua residual tales como los fosfatos que provienen del uso de detergentes domésticos e industriales y cuya descarga en cursos de agua favorece la eutrofización, es decir, un desarrollo incontrolado y acelerado de la vegetación acuática que agota el oxígeno, y mata la fauna existente en la zona. No todas las

plantas tienen esta etapa ya que dependerá de la composición del agua residual y el destino que se le dará.

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.)

Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente.

1.2.4.1. FILTRACIÓN

La filtración de arena remueve gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales. El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Se trata de una imitación de los procesos de autodepuración que somete un río o un lago al agua residual de forma natural.

Estas lagunas son altamente aerobias y la colonización por los macrofitos nativos, especialmente cañas, se dan a menudo. El sistema de lagunaje es barato y fácil de mantener pero presenta los inconvenientes de necesitar gran cantidad de espacio y de ser poco capaz para depurar las aguas de grandes núcleos.

1.2.4.2. DESINFECCIÓN

El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, *pH*, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales.

Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, la clorina, o la luz UV. La Cloramina, que se utiliza para el agua potable, no se utiliza en el tratamiento de aguas residuales debido a su persistencia.

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales en Norteamérica debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que la desinfección con cloro del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente.³

1.2.4.3. TRATAMIENTO DE LOS FANGOS

Los sólidos primarios gruesos y los biosólidos secundarios acumulados en un proceso del tratamiento de aguas residuales se deben tratar y disponer de una manera segura y eficaz. Este material a menudo se contamina inadvertidamente con los compuestos orgánicos e inorgánicos tóxicos (por ejemplo: metales pesados).

El propósito de la digestión es reducir la cantidad de materia orgánica y el número de los microorganismos presentes en los sólidos que causan enfermedades. Las opciones más comunes del tratamiento incluyen la digestión anaerobia, la digestión aerobia, y el abonamiento.

1.2.4.4. TRATAMIENTO ANAEROBIO

Consiste en una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, dirigidos a la digestión de la materia orgánica con producción de metano.

Es un proceso en el que pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos pero que está dirigido principalmente por bacterias. Presenta una serie de ventajas frente a la digestión aerobia: generalmente requiere de instalaciones menos

³ FUENTE: Centro De Promoción De Tecnologías Sostenibles (CPTS)., 2003., Pp. 30

costosas, no hay necesidad de suministrar oxígeno por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor.

Por otra parte se produce una menor cantidad de lodo (el 20% en comparación con un sistema de lodos activos), y además este último se puede disponer como abono y mejorador de suelos.

Además es posible producir un gas útil. Para el tratamiento anaerobio a gran escala se utilizan rectores de flujo ascendente o U.S.B. (Por sus siglas en ingles) con un pulimento aerobio en base de filtros percoladores y humedales.

1.2.4.5. DIGESTIÓN AERÓBICA

La digestión aeróbica es un proceso bacteriano que ocurre en presencia del oxígeno. Bajo condiciones aeróbicas, las bacterias consumen rápidamente la materia orgánica y la convierten en el dióxido de carbono.

Una vez que haya una carencia de la materia orgánica, las bacterias mueren y son utilizadas como alimento por otras bacterias. Esta etapa del proceso se conoce como respiración endógena. La reducción de los sólidos ocurre en esta fase. Porque ocurre la digestión aeróbica mucho más rápidamente, los costos de capital de digestión aerobia son más bajos.

Sin embargo, los gastos de explotación son característicos por ser mucho mayores para la digestión aeróbica debido a los costes energéticos para la aireación necesitada para agregar el oxígeno al proceso.

1.2.4.6. AIREACIÓN ATMOSFÉRICA

Este método de aireación se fundamenta en captar el oxígeno de la atmósfera, mediante la utilización de sistemas de dispersión, la captación del oxígeno del aire se puede realizar de dos formas:

1.2.4.6.1. MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE BANDEJAS PERFORADAS:

En este sistema, se hace caer el agua por gravedad sobre las bandejas perforadas, las mismas que están ubicadas en forma de cascada, este sistema es más utilizado para el agua de las torres de enfriamiento.

1.2.4.6.2. UTILIZACIÓN DE TUBERÍAS PERFORADAS:

En este tipo de sistema funciona de forma contraria al sistema de bandejas, es decir, el agua es impulsada a presión hacia la atmósfera por medio de la utilización de bombas.

1.2.4.7. HUMEDALES ARTIFICIALES

Este sistema consiste en la reproducción controlada, de las condiciones existentes en los sistemas lagunares someros o de aguas lenticas los cuales, en la naturaleza, efectúan la purificación del agua.

Esta purificación involucra una mezcla de procesos bacterianos aerobios-anaerobios que suceden en el entorno de las raíces de las plantas hidrófilas, las cuales a la vez que aportan oxígeno consumen los elementos aportados por el metabolismo bacterial y lo transforman en follaje.

Este sistema es el más amigable desde el punto de vista ambiental ya que no requiere instalaciones complejas, tiene un costo de mantenimiento muy bajo y se integra al paisaje.

1.2.4.8. LA COMPOSTA O ABONAMIENTO

El abonamiento o composta es también un proceso aeróbico que implica el mezclar de los sólidos de las aguas residuales con fuentes del carbón tales como aserrín, paja o virutas de madera. En presencia del oxígeno, las bacterias digieren los sólidos de las aguas residuales y la fuente agregada del carbón y, al hacer eso, producen una cantidad grande de calor.

Los procesos anaerobios y aerobios de la digestión pueden dar lugar a la destrucción de microorganismos y de parásitos causantes de enfermedades a un suficiente nivel para permitir que los sólidos digeridos que resultan sean aplicados con seguridad a la tierra usada como material de la enmienda del suelo o usada para la agricultura como fertilizante.⁴

1.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

La caracterización de las aguas residuales industriales se realizara con el objetivo de determinar el grado de toxicidad de los efluentes e identificar las sustancias responsables de dicha toxicidad.

La cuál se analizan mediante diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las caracterizaciones más comunes incluyen:

- Determinación del contenido en sólidos
- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)
- La demanda química de oxígeno (DQO)
- El pH.

Para otro tipo de industrias que vierten grandes volúmenes de aguas residuales provenientes de actividades de exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados.

Es importante la caracterización de las aguas ya que nos permite conocer los distintos parámetros y límites permisibles que se deben tomar en cuenta al momento de descargar, los cuales están establecidos por RAHOE Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador para efluentes (descargas líquidas).

⁴ FUENTE:<http://www.contaminaciondelagua.org/elaguaficha/14/tratamiento-de-agua-residual/>

1.3.1. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Es importante conocer todas las características del agua residual, con ello se logra deducir de manera más rápida y práctica el tipo de tratamiento al cual se la puede someter.

No siendo de otra manera, toda caracterización del agua residual se puede llegar a determinar mediante un programa de muestreo apropiado que asegure la representatividad de la muestra, confiabilidad en el análisis de cada parámetro todo ello bajo un estricto procedimiento amparado en las normas estándar de cada localidad.

Cada agua residual es única en sus características, contenido y cantidad de contaminantes, por lo cual, no sólo son importantes las caracterizaciones típicas de las aguas residuales donde se analizan un número determinado de parámetros impuestos, sino también los análisis personalizados donde se analiza a cada muestra como única en su especie.

A continuación van a ser analizados varios parámetros, considerados de relevancia para el caso particular del presente trabajo de investigación.

1.3.2. TEMPERATURA

La temperatura es un parámetro de importancia en las aguas residuales, y en la mayoría de las caracterizaciones se determina este parámetro.

Es determinante ya que influye en las características del agua, sobre las opciones de tratamiento así como el método de disposición final.

Tiene un efecto significativo sobre la vida acuática, reacciones químicas, velocidades de reacción, modifica la concentración de saturación del oxígeno disuelto y la actividad bacteriana; se tiene que tomar en cuenta la temperatura si se piensa la posibilidad de la reutilización del agua residual. Es importante mencionar que la tasa de sedimentación de los sólidos en aguas cálidas es mayor que en aguas frías debido a la variación en el valor de la viscosidad del agua.

Este parámetro es conveniente medirlo in situ, mediante un termómetro. Sus unidades son Grados Centígrados (C).

1.3.2.1. CONDUCTIVIDAD

Es un parámetro que se mide in situ, se lo relaciona directamente con las sales inorgánicas disueltas en el agua. Es la habilidad o poder del agua para transmitir o conducir calor, electricidad o sonido.

Se utiliza el principio de iones en solución que mejoran la conductividad eléctrica del agua, esto se convierte en un inconveniente ya que tiende a ser un factor que promueve los procesos de corrosión e incrustación.

Las unidades son Siemens por metro [S/m] en el sistema de medición SI .

1.3.2.2. PH (POTENCIAL HIDRÓGENO)

Es la medida de la concentración de iones o cationes hidrógeno en el agua es un parámetro importante de calidad tanto en las aguas naturales como en las residuales.

El químico danés Sorensen lo definió como el logaritmo negativo de base 10 de la actividad de los iones hidrógeno. Esto es:

$$pH = -\log_{10}[aH_3O^+]$$

Ecuación I

La determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor muestra una tendencia hacia lo alcalino.

El valor del pH en el agua, es utilizado también cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante, y en las plantas de tratamiento de agua.

El intervalo de concentración de pH que aseguren la sobrevivencia de vida biológica en el agua es muy restrictivo y crítico; pero generalmente está entre 6.5 a 8.5

1.3.2.3. SÓLIDOS TOTALES

Como se mencionó anteriormente, es una característica de la mayoría de las aguas residuales el contener dependiendo de su origen cierta cantidad de material sólido o coloidal suspendido en ella. El contenido de sólidos presentes en el agua residual afecta directamente a la cantidad de lodos (fangos) sea cual sea el tratamiento o disposición que se le brinde.

Los sólidos totales son la suma de los sólidos disueltos y suspendidos. Sus unidades son unidad de masa sobre unidad de volumen, miligramo por litro (mg/L).

Los sólidos disueltos, que representan el material soluble y coloidal, son capaces de pasar por un papel filtro de fibra de vidrio con un tamaño nominal de poros con diámetro de $1.2\ \mu m$, y los sólidos suspendidos, como tienen un tamaño mayor a $1.2\ \mu m$, son los que se quedan detenidos en el papel filtro; constituyen la diferencia entre los sólidos totales de la muestra no filtrada y los sólidos de la muestra filtrada.⁵

1.3.2.4. BARIO

Elemento altamente tóxico para el hombre; causa trastornos cardíacos, vasculares y nerviosos (aumento de presión arterial). Se considera fatal una dosis de 0,8 a 0,9 g como cloruro de bario (de 550 a 600 mg de bario).

La contaminación del agua por bario puede provenir principalmente de los residuos de perforaciones, de efluentes de refinerías metálicas o de la erosión de depósitos naturales. Las concentraciones halladas en el agua son por lo general

⁵ FUENTE: <http://members.tripod.com/Arturobola/ph.htm>

muy bajas; varían entre trazas y 0,05 (*mg/L*). Estudios realizados en las aguas de consumo muestran evidencias de que el bario puede ser absorbido por óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, lo cual explicaría su eliminación durante la coagulación. Por otro lado, un control adecuado del *pH* en la planta de ablandamiento del agua mediante cal puede lograr una remoción de 90% del bario.

1.3.2.5. CROMO

De las especies normalmente presentes en las aguas superficiales, el *Cr(III)* es esencial para los seres humanos, pues promueve la acción de la insulina. En cambio, el *Cr (VI)* es considerado tóxico por sus efectos fisiológicos adversos. No se conoce de daños a la salud ocasionados por concentraciones menores de 0,05 *mg/L* de *Cr (VI)* en el agua.

El cromo metálico y los derivados del cromo (*VI*) usualmente son de origen antropogénico. Por su naturaleza química, el *Cr (III)* difícilmente se encuentra con un *pH* mayor de 5, donde el cromo está, por lo general, en forma hexavalente.

La erosión de depósitos naturales y los efluentes industriales que contienen cromo (principalmente de acero, papel y curtiembres), se incorporan a los cuerpos de aguas superficiales. La forma química dependerá de la presencia de materia orgánica en el agua, pues si está presente en grandes cantidades, el cromo (*VI*) se reducirá a cromo (*III*), que se podrá absorber en las partículas o formar complejo sin solubles.⁶

1.3.2.6. FENOLES

Los fenoles son compuestos orgánicos aromáticos que contienen el grupo hidroxilo como su grupo funcional. Están presentes en las aguas naturales, como resultado de la contaminación ambiental y de procesos naturales como producto de la descomposición de la materia orgánica. Son muy solubles en agua y en la

⁶ FUENTE: <http://www.bvsde.opsoms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuali/tomol/uno.pdf>

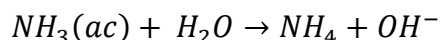
mayoría de los disolventes orgánicos. Están presentes en las aguas residuales de varias industrias, entre las cuales se encuentran: la industria petrolera, del carbón, plantas químicas, farmacéuticas, aceites usados de motores, restos de disolventes para refinados de aceites, residuos de productos decapantes de pinturas entre otras. Este método determina el pH , midiendo el potencial generado por un electrodo de vidrio que es sensible a la actividad del ión H^+ , este potencial es comparado contra un electrodo de referencia, que genera un potencial constante e independiente del pH .

Para evitar la contaminación, este líquido no debe pasar a los desagües o cauces de agua. En aguas residuales se les considera como no biodegradables y tienen una alta demanda de oxígeno.⁷

1.3.2.7. NITRÓGENO

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de plantas y protistas, junto con el fósforo constituyen los llamados nutrientes. Su presencia junto con fosfatos en aguas superficiales provoca la aparición de un excesivo crecimiento de algas, se conoce como eutrofización. Se determina mediante espectrofotometría.

Se elimina por intercambio iónico, siendo un método no económico en procesos de grandes volúmenes. El nitrógeno puede estar en el agua en varios estados de oxidación dependiendo del medio, del tiempo y de la cantidad de oxígeno, prevalecerán unas formas de otras. Sin embargo habitualmente en el agua el nitrógeno amoniacal existe como gas amonio y como ion amonio:



1.3.2.8. OXÍGENO DISUELTO (OD)

El oxígeno disuelto en el agua es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios así como para otras formas de vida; por ello se asocia directamente la cantidad de oxígeno del aire disuelto a la capacidad del agua de

⁷FUENTE: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fenol>

ser un medio de vida y de auto purificación. Sin embargo, el oxígeno es poco soluble en el agua, oscila entre 7 mg/L a 35°C y 14.6 mg/L a 0°C para presión de 1 atm . La concentración de saturación de (OD) está en función de la solubilidad del gas, temperatura, presión atmosférica y salinidad del agua.

La presencia de oxígeno disuelto en el agua residual es deseable, debido a que reduce o elimina la presencia de malos olores, además de acelerar la digestión aerobia, si se deseara dar un tratamiento de este tipo.

1.3.2.9. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es el parámetro más utilizado para determinar la contaminación orgánica en aguas residuales y superficiales; se define como la cantidad de oxígeno disuelto (OD) necesario para que los microorganismos oxiden (estabilicen) la materia orgánica biodegradable.

La medida de (DBO) es de gran importancia para definir un tratamiento al agua residual, ya que se utiliza para fijar la cantidad de oxígeno aproximada que se requeriría para estabilizar la materia orgánica presente en el agua. Se expresa en mg/L . Además para determinar el área de las instalaciones de tratamiento, sirve también para medir la eficiencia del tratamiento dado y finalmente para fijar las cargas orgánicas permisibles en los cuerpos receptores.

1.3.2.10. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Este parámetro se usa para determinar la cantidad de oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente por medio de un agente químico fuertemente oxidante dicromato de potasio en un medio ácido y a alta temperatura.

Este ensayo se lo puede realizar en solamente tres horas. Por lo tanto el DQO se utiliza para medir la concentración orgánica en las aguas residuales industriales y municipales que pueden contener una concentración de compuestos tóxicos para la vida biológica.

1.3.2.11. ACEITES Y GRASAS

Son compuestos orgánicos constituidos de hidrógeno, carbono y oxígeno, (C, H, O) generalmente provienen de aceites vegetales, mantequilla, margarina, manteca, carnes e hidrocarburos.

Éstos recubren las superficies con las cuales toman contacto, flotan sobre al agua residual no obstante parte de ellos es depositada en el lodo junto con los sólidos sedimentables.

Las grasas son compuestos orgánicos muy estables se puede decir que las bacterias no la descomponen fácilmente. De todas maneras son compuestos comúnmente biodegradables. El contenido de aceites y grasas en el agua residual puede producir problemas en las alcantarillas y en las plantas de tratamiento.

Si la grasa no se elimina con anticipación al vertido del agua residual puede interferir con la vida biológica normal en las aguas, incluso cuando la película y materias en flotación sean imperceptibles.⁸

1.3.2.12. HIDROCARBUROS TOTALES DE PETROLEO

Los términos hidrocarburos totales de petróleo (abreviados *TPH* en inglés) se usan para describir una gran familia de varios cientos de compuestos químicos originados de petróleo crudo. El petróleo crudo es usado para manufacturar productos de petróleo, los que pueden contaminar el ambiente.

Debido a que hay muchos productos químicos diferentes en el petróleo crudo y en otros productos de petróleo, no es práctico medir cada uno en forma separada. Sin embargo, es útil medir la cantidad total de *TPH* en un sitio.

Los *TPH* son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos. Los científicos han dividido a los

⁸FUENTE: <http://repositorio.eppetroecuador.ec/bitstream/20000/119/1/T-UCE091.PDF>

TPH en grupos de hidrocarburos de petróleo que se comportan en forma similar en el suelo o el agua.

Estos grupos se llaman fracciones de hidrocarburos de petróleo. Cada fracción contiene muchos productos químicos individuales. Algunas sustancias químicas que pueden encontrarse en los *TPH* incluyen a hexano, combustibles de aviones de reacción, aceites minerales, benceno, tolueno, xilenos, naftalina, y fluoreno, como también otros productos de petróleo y componentes de gasolina. Sin embargo, es probable que muestras de *TPH* contengan solamente algunas, o una mezcla de estas sustancias químicas.⁹

1.4. DISEÑO

1.4.1. GENERALIDADES DEL DESBASTE

La primera Operación Física Unitaria para el tratamiento de las aguas residuales, generalmente, es la Operación de Desbaste que se realiza por medio de órganos separadores como rejillas o tamices. El Desbaste es la operación utilizada para la separación del material grueso del agua al hacerla fluir por una rejilla o tamiz.

Las rejillas son dispositivos de separación con aberturas de tamaño generalmente uniforme utilizado para retener los sólidos de cierto tamaño que se arrastran en el agua residual.

Los elementos separadores pueden ser: alambres, varillas o barras paralelas; se utiliza también tela metálica o placas perforadas. Las aberturas pueden ser de cualquier forma, aunque predominen las de forma rectangular o circular.

Los tamices se diferencian de las rejillas ya que se diseñan con mallas finas al contrario de las rejillas que pueden poseer una abertura de grande, mediano o pequeño tamaño.

De acuerdo al método de limpieza a utilizarse, las rejillas pueden ser de limpieza manual y mecánica. Según al tamaño de las aberturas se clasifican como rejillas

⁹FUENTE: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts123.html

gruesas (aberturas iguales o mayores a 0.64 *cm*) o finas (aberturas menores a 0.64 *cm*).

Cuando se trata de remover sólidos de 1 a 3 *mm* de diámetro, las rejillas resultan eficientes, no así para diámetros menores, en los que la sedimentación puede ser una alternativa más apropiada (remueve 5 veces más material menor a 1 *mm* que las rejillas). Para prevenir la acumulación de arena u otro tipo de material pesado antes y después de la rejilla se debe diseñar un canal de acceso que debe ser, de preferencia, horizontal recto y perpendicular a la rejilla con el fin de causar una distribución uniforme de los sólidos retenidos por ella.¹⁰

Tabla I CARACTERISTICAS DE REJILLA DE LIMPIEZA MANUAL

CARACTERISTICAS	PARAMETROS
Ancho de las barras	0.5 - 1.5 <i>cm</i>
profundidad de las barras	2.5 - 7.5 <i>cm</i>
abertura o espaciamiento	2.5 – 5.0 <i>cm</i>
pendiente con la vertical	30° - 45°
velocidad de aceleramiento	0.3 - 0.6 <i>m/s</i>
perdida de energía permisible	15 <i>cm</i>

FUENTE: Tratamiento De Aguas Residuales, Teoría Y Principios De Diseño De Jairo Romero Elaboración: Diana Manosalvas Bossano

Las cantidades de material retenido varían de acuerdo al tipo de rejilla y del espaciamiento o abertura. Los objetos retenidos deben ser posteriormente retirados manualmente por medio del rascado utilizando dientes de rastrillo y almacenados para su posterior disposición final.

El diseño de las rejillas se fundamenta en la velocidad del flujo a través de la misma la cual debe estar entre $0.45 \leq v \leq 0.75 \text{ m/s}$ ya que; velocidades menores a 0.45 *m/s* pueden producir sedimentación y causar obstrucción de la rejilla y

¹⁰FUENTE: JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS, Tratamiento De Aguas Residuales, Teoría y Principios De Diseño. Editorial Escuela Colombiana De Ingeniería

velocidades mayores a 0.75 m/s pueden producir socavación y provocar el colapso de la rejilla.

A continuación se detallan otros parámetros importantes a considerar:

a. Espaciamiento

El espaciamiento entre las barras de la rejilla debe ser de:

- 15 a 50 mm para rejillas limpiadas manualmente.
- 3 a 77 mm para rejillas limpiadas mecánicamente.

b. Velocidad mínima de aproximación

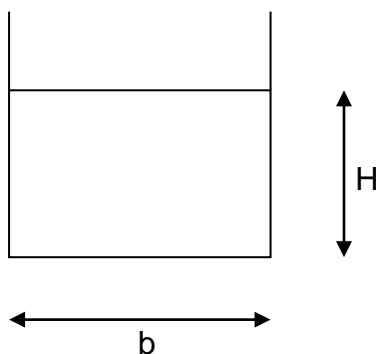
Para garantizar un área de acumulación adecuada, la velocidad de aproximación a las rejillas debe estar entre:

- 0.3 y 0.6 m/s para rejillas limpiadas manualmente.
- 0.3 y 0.9 m/s para rejillas limpiadas mecánicamente.

1.4.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL CANAL

Para el diseño de las rejillas es necesario conocer las dimensiones del canal en donde van a ser dispuestas.

a. SECCIÓN DEL CANAL



b. ÁREA DEL CANAL

El área del canal se calcula con la siguiente ecuación:

$$A = b * h_1$$

Ecuación II

Donde:

A = Área del canal(m^2)

b = Base del canal (m)

h_1 = Altura del canal hasta el nivel de agua (m)

c. RADIO HIDRÁULICO

Para calcular el radio hidráulico se utiliza la ecuación:

$$R = \frac{b * h}{b + 2h}$$

Ecuación III

Donde:

R = Radio Hidráulico(m^2)

b = Base del canal (m)

h_1 = Altura del canal hasta el nivel de agua (m)

También es necesario calcular la velocidad a la que se transporta el agua residual hacia el proceso de tratamiento, mediante la ecuación de Manning:

$$v = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Ecuación IV

Donde:

v = Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de Manning (0,013 para canales de hormigón)

R = Radio hidráulico (m)

S = Gradiente hidráulico (m)

1.4.3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LA REJILLA DE LIMPIEZA MANUAL

a. AREA ENTRE BARRAS:

Se calcula mediante la ecuación:

$$A_b = \frac{Q}{V}$$

Ecuación V

Donde:

A_b = área entre barras (m^2)

Q = caudal (m^3/s)

V = velocidad de aproximación (m/s)

b. AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL FLUJO:

El área de la sección transversal del flujo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A_1 = \frac{A_b(W + e)}{W}$$

Ecuación VI

Donde:

A_b = Área entre barras (m^2)

W = separación entre barras (m)

e = espesor máximo de las barras (m)

c. NUMERO DE BARRAS:

Para determinar el número de barras se puede usar la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} = \frac{b - W}{W - e}$$

Ecuación VII

Donde:

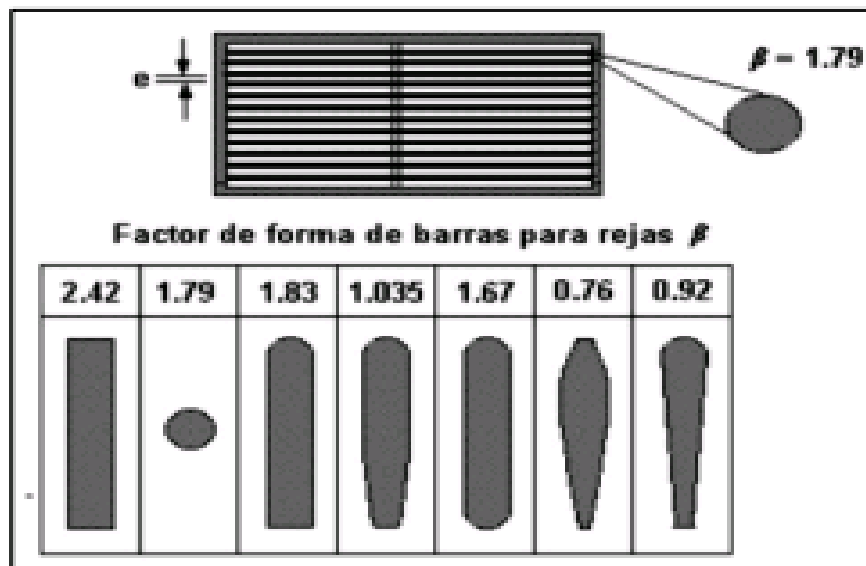
N° = Número de barras

b = base del canal

W = separación entre barras

e = espesor máximo de las barras

Ilustración I FACTORES DE FORMA B PARA SECCIONES DE BARRAS



FUENTE: VALDEZ, E., Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de las aguas residuales., Unidad 2.3

d. LONGITUD SUMERGIDA DE LA REJILLA:

Se requiere conocer el nivel máximo de agua, usando la siguiente ecuación:

$$d_{max} = \frac{Q}{v * b}$$

Ecuación VIII

Para la longitud tenemos que calcular con la ecuación:

$$L_s = \frac{d_{max}}{\text{sen}f}$$

Ecuación IX

Donde:

d_{max} = Nivel máximo de agua (m)

v = velocidad de aproximación m/s

b = ancho del canal (m)

f = grado de inclinación de las barras

e. PERDIDA DE CARGA:

Las pérdidas de carga a través de una rejilla se pueden determinar a través de la siguiente ecuación propuesta por Kirschmer:

$$h_c = \beta \left(\frac{e}{W} \right)^{4/3} \frac{V^2}{2g} \text{sen}p$$

Ecuación X

Donde:

h_c = Perdida de carga (m)

e = Espesor máximo de las barras (m)

W = separación entre barras (m)

$V^2/2g$ = carga de velocidades antes de la reja (m)

β = Angulo de inclinación de las barras

β = factor dependiente de la forma de la barra

Tabla II PARAMETROS DE DISEÑO PARA REJILLAS DE BARRAS DE LIMPIEZA MANUAL Y MECANICA

PARAMETROS	UNIDAD	LIMPIEZA MANUAL	LIMPIEZA MECANICA
TAMAÑO DE LA BARRA			
ancho	<i>mm</i>	5 - 15	5 -15
profundidad	<i>mm</i>	25 – 37.5	25 – 37.5
separación entre barras	<i>mm</i>	25 - 50	17 – 75
pendiente en relación a la vertical	<i>grados</i>	25 - 50	50 – 82.5
velocidad de aproximación	<i>m/s</i>	0.45	0.60
perdidas de carga admisible	<i>mm</i>	150	150

FUENTE: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 510

Tabla III MATERIAL RETENIDO SEGÚN ABERTURAS DE REJILLAS

ABERTURA (<i>mm</i>)	CANTIDAD (<i>m</i> ³)
20	0.038
25	0.023
35	0.012
40	0.009

FUENTE: Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales (IEOS), 1992., Pp. 347

1.4.4. TRAMPA DE GRASAS

La trampa de grasas se incluye dentro de los sistemas de tratamiento para descargas líquidas para actividades como estaciones de servicio de combustibles,

moteles, hoteles, hospitales y restaurantes, donde se conoce que puede existir una producción considerable de grasas o aceites.

Con ello se pretende evitar la obstrucción de las tuberías si se dispone del agua residual en el sistema de alcantarillado, su efecto contraproducente sobre la acción bacterial, sedimentación en el posterior tratamiento. La nula solubilidad en el agua y su biodegradabilidad variable hacen de los aceites y grasas un problema ambiental considerable.

Pueden provenir de aceites vegetales, materiales de tejido animal; petróleo y derivados de petróleo a los cuales también se los denomina aceites no polares.

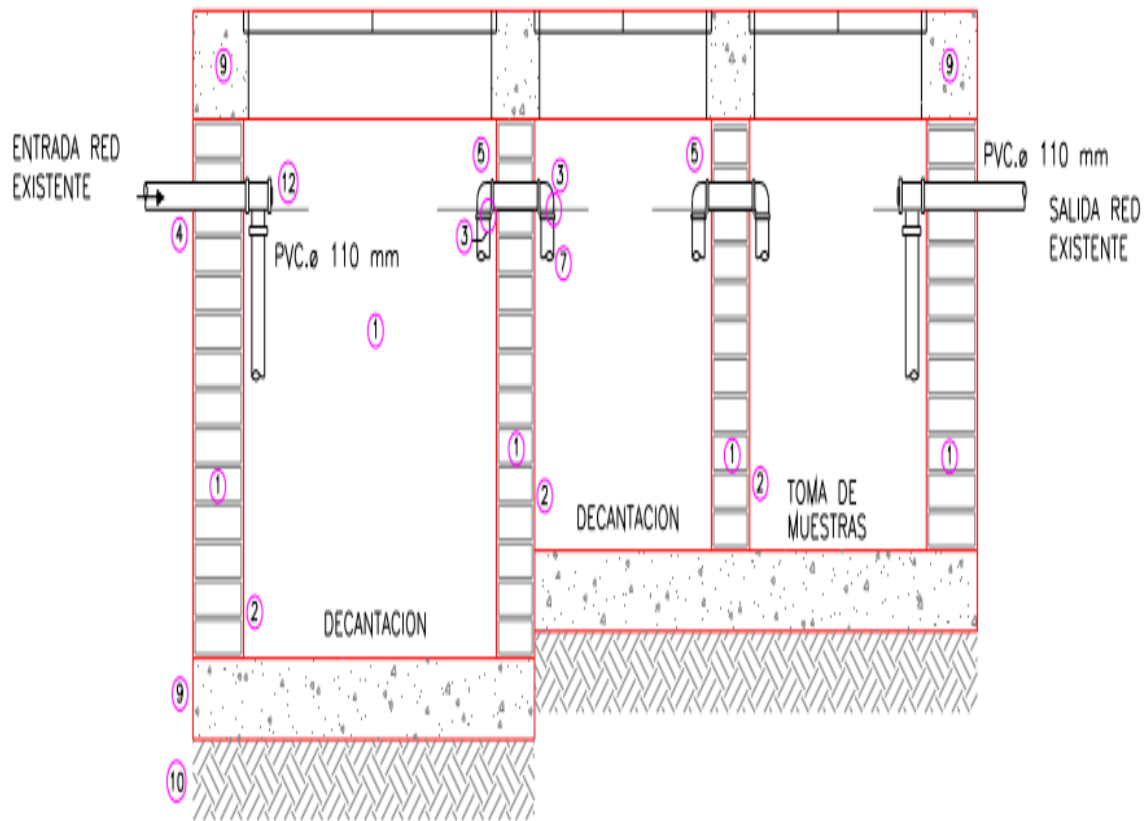
Como se mencionó, los aceites y grasas se pueden acumular en el sistema de alcantarillado público obstruyendo y dificultando el paso del agua residual, en tratamientos posteriores, como los sedimentadores, causan problemas de flujo.

Un tanque separador de grasas y aceites consiste en un depósito diseñado para retener grasas y aceites no emulsificadas, de tal manera que el material flotante ascienda y permanezca en el espejo de agua hasta que sea recogido y dispuesto adecuadamente.

Mientras que el agua más clara subyacente sale del tanque continuamente a través de una rendija dispuesta en la parte posterior; esto se logra gracias a que la trampa de grasas tiene un diseño hidráulico y un tiempo de retención adecuados detallados en función del caudal, proceso y naturaleza del agua residual; no lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico.

Generalmente la entrada del agua residual al tanque se hace por debajo de la superficie libre del agua y la salida por el fondo en el lado opuesto de la entrada. Los tiempos de retención se diseñan normalmente entre 15 a 30 (*min*)y con un tamaño mínimo de $2.8 m^3$

Ilustración II ESQUEMA DE UNA TRAMPA PARA GRASAS Y ACEITES



FUENTE: Estación de Servicios PETROCOMERCIAL, Departamento de Supervisión.

1.4.4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Como se mencionó con anterioridad, el diseño debe basarse en las características propias del agua residual a tratar, teniendo en cuenta que la capacidad mínima de almacenamiento de grasas expresada en Kg de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario) expresado en L/min .

El tanque debe tener las siguientes características en general:

- $0.25 m^2$ de área por cada L/s
- Relación ancho / longitud de 1:4 hasta 1:18
- Una velocidad ascendente mínima de $4 mm/s$

A continuación se presentan las capacidades de retención más frecuentes en función del tipo de fuente del agua residual:

Tabla IV CAPACIDADES DE RETENCION DE GRASA

TIPO DE FUENTE	CAUDAL (<i>L/min</i>)	CAPACIDAD DE RETENCION DE GRASA (<i>Kg</i>)	CAPACIDAD MAXIMA RECOMENDADA(<i>L</i>)
volumen de agua mayor de 115 <i>L</i>	56	14	115
volumen de agua mayor de 190 <i>L</i>	92	23	240
volumen de agua mayor de 190 y 378 <i>L</i>	144	36	378

FUENTE: Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño. Romero J

El diámetro de entrada debe ser de un mínimo de 50 *mm* y el de salida de por lo menos 100 *mm*. El extremo final del tubo de entrada debe estar sumergido por lo menos 150 *mm*. El tubo de salida que haga la recolección debe localizarse por lo menos a 150 *mm* del fondo del tanque y con una sumergencia de por lo menos 0.9 *m*. A continuación se presenta los tiempos de retención más comunes en función del caudal de entrada:

Tabla V TIEMPOS DE RETENCIÓN HIDRÁULICOS

CARACTERISTICAS	INTERVALO	TÍPICO
Trampa de grasa		
Tiempo de detención (<i>h</i>)	1.5 – 2.5	2.0
Carga superficie, ($m^3/m^2 * d$)	-	30
Carga sobre vertedero ($m^3/m^2 * d$)	10000 - 40000	20000

FUENTE: Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño. Romero J

1.4.5. SEDIMENTACIÓN

Es un proceso físico que elimina los sólidos sedimentables presentes en el agua residual, por acción de la gravedad, los cuales tienen mayor densidad que el líquido en donde se encuentran suspendidos; se da generalmente sin que se añadan sustancias químicas.

La operación consiste en reducir la velocidad de flujo del agua, haciéndola pasar por un estanque o piscina, de tal forma que los sólidos en suspensión sedimenten de acuerdo a diferencias de densidades.

Mediante la aplicación de éste método, la remoción de impurezas es parcial, pues depende fundamentalmente de naturaleza y tamaño de las suspensiones, así como la temperatura y el tiempo de reposo del agua. “Los tanques de sedimentación primaria eliminan entre el 50 – 70 % de sólidos suspendidos, y entre el 25 – 40 % de DBO_5 , siempre que las consideraciones de diseño sean bien manejadas.”¹¹

La sedimentación de las partículas está en función de la concentración, cuando hay una baja concentración de sólidos se da lugar a una sedimentación libre, por lo contrario si se presenta una suspensión concentrada la sedimentación es más lenta y se denomina sedimentación por zonas.

1.4.5.1. TIPOS BÁSICOS DE SEDIMENTADORES

1.4.5.1.1. TANQUES RECTANGULARES

Estos tipos de sedimentadores son construidos en zonas con poca disponibilidad de terreno, la remoción de lodos es más complicada por su geometría. Las entradas del agua residual se encuentran en un extremo y están destinadas a minimizar la velocidad.

¹¹FUENTE:METCALF & EDDY., Ingeniería De Aguas Residuales., 1995., PP. 539

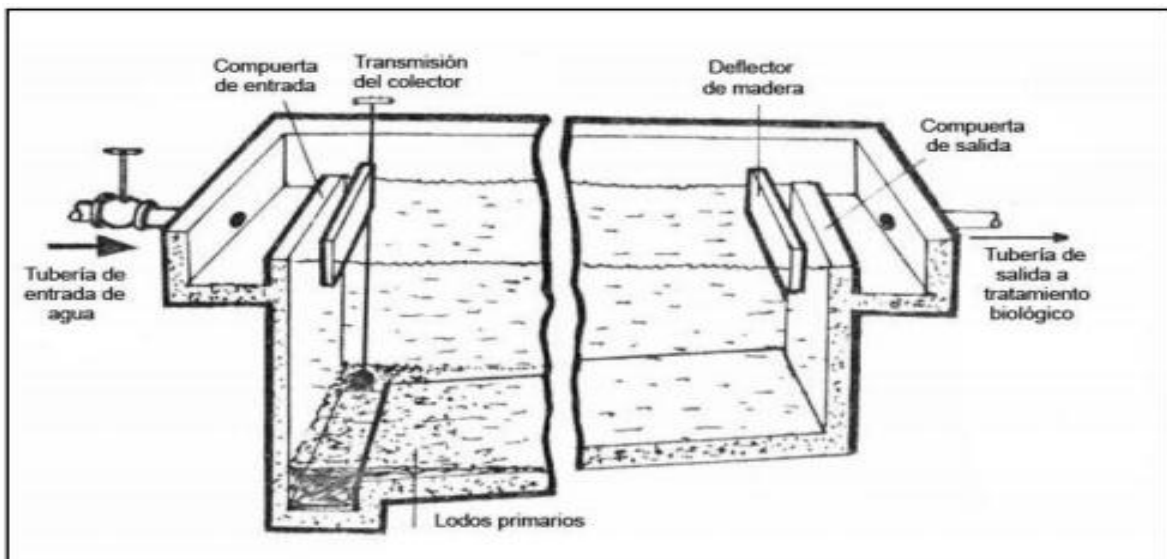
Los diseños más comunes constan de pequeñas tuberías con eles hacia arriba, deflectores perforados, de manera que no queden atrapados los sólidos flotantes o sedimentables.

“Las salidas en tanques rectangulares constan de vertederos localizados hacia el extremo de descarga del tanque, la relación longitud a ancho se encuentra habitualmente en el rango de 2:1 con profundidades mínimas de 1m; el fondo se inclina suavemente hacia la tolva de lodos para facilitar el drenaje del tanque.”¹²

Para retirar los sólidos que sedimentan en plantas de tratamiento pequeñas se arrastran a unos cuencos de recogida de fangos, que son comúnmente una doble cadena cerrada de 3 m de aleación de acero; en cambio para plantas grandes se llevan a canales de fondo transversales.

Las espumas son recogidas en el extremo de salida del tanque a través de rascadores, hasta ser detenidos por deflectores para su extracción; también se puede hacer mediante el rociado con agua a presión o por un barredor helicoidal.

Ilustración III TANQUE DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIA RECTANGULAR



FUENTE: HORAN., TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES., 2003

¹²TERENCE, J., Ingeniería Ambiental., 1999., PP. 424

1.4.5.1.2. TANQUES CIRCULARES

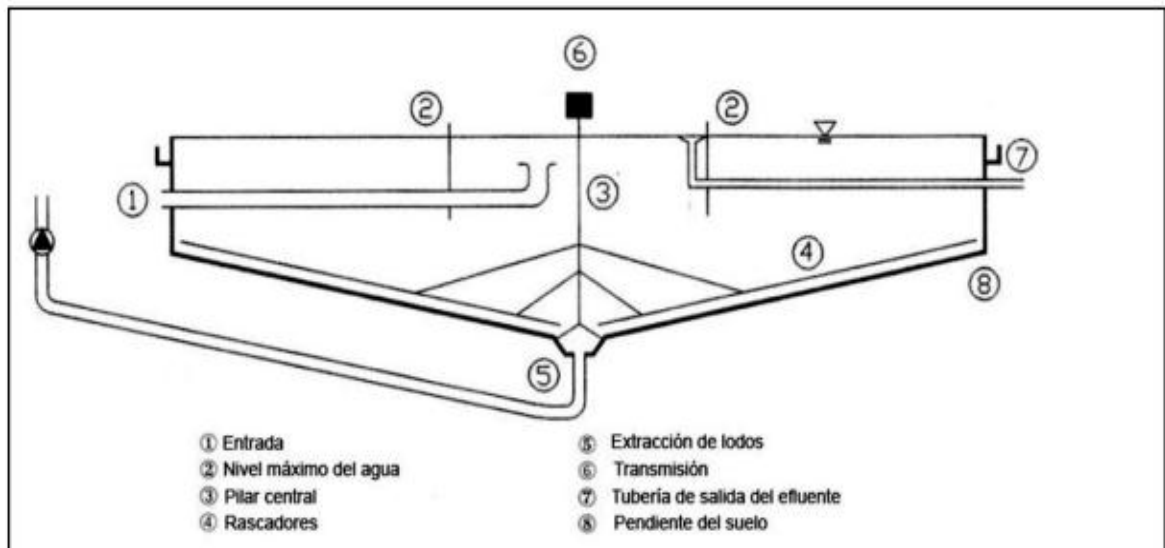
Son de uso común en plantas de tratamiento, ya que se puede lograr una buena remoción de lodos, el sistema de flujo es radial, para lo cual el agua residual se introduce por el centro o por la periferia del tanque.

Comúnmente se emplea unidades de “alimentación central en donde el agua residual es llevada por tubería al centro del tanque, luego el agua pasa por una campana circular para distribuir el flujo en todas las direcciones. La campana circular tiene un diámetro entre 15 – 20 % del diámetro total del tanque y una profundidad entre 1 – 2,5 m.”¹³

La remoción de los lodos es mediante rastras para tanque con diámetros menores de 15 m, y para grandes cantidades de lodo se usa unidades con succionadores.

Los vertederos de salida se extienden en forma usual alrededor de la periferia del tanque con deflectores que se extienden de 200 a 300 mm bajo la superficie del agua.

Ilustración IV TANQUE DE SEDIMENTACIÓN PRIMARIA CIRCULAR



FUENTE: HORAN., Tratamiento De Aguas Residuales., 2003

¹³METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 551

1.4.5.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

➤ CARGA DE SUPERFICIE

Está en función del tipo de sedimentación que se requiere decantar, y deben ser reducidas para asegurar el rendimiento de las instalaciones.

Se puede determinar el área del sedimentador, en base a la carga superficial, mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

Ecuación XI

Donde:

A = Área (m^2)

Q = Caudal a tratar en el sedimentador primario m^3/h

C_s = Carga superficial ($m^3/m^2 * d$)

Tabla VI CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE DECANTACIÓN PRIMARIA

CARACTERISTICAS	INTERVALO	TÍPICO
DECANTACIÓN PRIMARIA SEGUIDA DE TRATAMIENTO SECUNDARIO		
Tiempo de detención (h)	1.5 – 2.5	2.0
Carga superficie, ($m^3/m^2 * d$)	-	24
Carga sobre vertedero ($m^3/m^2 * d$)	10000 - 40000	20000
SEDIMENTACIÓN PRIMARIA CON ADICIÓN DEL FANGO ACTIVADO EN EXCESO		
Tiempo de detención (h)	1.5 – 2.5	2.0
Carga superficie, ($m^3/m^2 * d$)	-	24
Carga sobre vertedero ($m^3/m^2 * d$)	10000 - 40000	20000

FUENTE: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 542

**Tabla VII PARÁMETROS DE DISEÑO PARA SEDIMENTADORES
RECTANGULARES Y CIRCULARES EN EL TRATAMIENTO PRIMARIO**

TIPO DE TANQUE	INTERVALO	TÍPICO
RECTANGULAR		
profundidad (<i>m</i>)	3 – 4.5	3.6
longitud (<i>m</i>)	15 - 90	25 - 40
anchura (<i>m</i>)	3- 25	5 – 10
velocidad de los rascadores (<i>m/min</i>)	0.6 – 1.2	0.9
CIRCULAR		
profundidad (<i>m</i>)	3 – 4.5	3.6
longitud (<i>m</i>)	3 - 60	12 - 45
pendiente de la solera (<i>mm/m</i>)	6.25 - 16	8
velocidad de los rascadores (<i>m/min</i>)	0.02 – 0.05	0.03

FUENTE: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 544

➤ **ÁREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR**

El área superficial del sedimentador se obtiene:

$$A = \frac{Q}{V_s}$$

Ecuación XII

Donde:

A = Área superficial del sedimentador(m^2)

Q = Caudal a tratar el sedimentador primario(m^3/h)

V_s = Velocidad terminal (m/h)

Tabla VIII VELOCIDADES TERMINALES A CAUDAL MEDIO

DECANTACION	VELOCIDAD A CAUDAL MEDIO		
PRIMARIA	MINIMO(<i>m/h</i>)	TIPICO(<i>m/h</i>)	MAXIMO(<i>m/h</i>)
decantadores circulares	1	1.5	2
decantadores rectangulares	0.8	1.3	1.8

FUENTE: Manual de depuración Uralita., Pp. 96

Tabla IX VELOCIDADES TERMINALES A CAUDAL MÁXIMO

DECANTACION	VELOCIDAD A CAUDAL MAXIMO		
PRIMARIA	MINIMO(<i>m/h</i>)	TIPICO (<i>m/h</i>)	MAXIMO (<i>m/h</i>)
decantadores circulares	2	2.5	3
decantadores rectangulares	1.8	2.2	2.6

FUENTE: Manual de depuración Uralita., Pp. 96

Se usa una relación 1/2 de *ancho/largo* para el cálculo de las medidas interiores del sedimentador, mediante la siguiente ecuación:

$$A = Lg * An$$

Ecuación XIII

Donde:

Lg = Largo del sedimentador(*m*)

An = Ancho del sedimentador (*m*)

Aplicando la relación se obtiene:

$$A = 2An * An$$

Ecuación XIV

Lo cual nos queda

$$A = 2An^2$$

Ecuación XV

Finalmente tenemos

$$An = \sqrt{A/2}$$

Ecuación XVI

➤ VOLUMEN DEL TANQUE DE SEDIMENTACION

Posteriormente se calcula el volumen del tanque mediante la siguiente ecuación:

$$V = An * Lg * h$$

Ecuación XVII

Donde:

V = Volumen del tanque de sedimentador(m^3)

An = Ancho del sedimentador (m)

Lg = Largo del sedimentador (m)

h = Altura del sedimentador(m)

➤ DIAMETRO DEL SEDIMENTADOR

El diámetro del sedimentador se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

Ecuación XVIII

Donde:

ϕ = Diámetro del sedimentador (*m*)

A = Área del sedimentador

π = Número irracional (3,14159)

➤ TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO:

El tiempo que demoraría una partícula en recorrer la longitud del sedimentador en sentido horizontal desde el momento de su entrada al sistema.

Si se usa como tratamiento único el tiempo de retención es de 1,5 y 2,5 *h* para el caudal medio del agua residual, en cambio si el proceso de decantación primario está previo a un proceso biológico se requiere de un tiempo de detención entre 0,5 a 1 *h*.

$$Trh = \frac{Q}{V}$$

Ecuación XIX

Donde:

Trh = Tiempo de retención hidráulico (*h*)

Q = Caudal a tratar (*m*³/*h*)

V = Volumen del sedimentador (*m*³)

La siguiente tabla se recomienda cuando nos sea posible realizar el cálculo del tiempo de retención.

Tabla X TIEMPO DE RETENCIÓN

DECANTACION	VELOCIDAD A CAUDAL MAXIMO		
PRIMARIA	MINIMO (h)	TIPICO (h)	MAXIMO (h)
tiempo de retención para caudal medio	1.5	2	3
tiempo de retención para caudal máximo	1	1.5	2

FUENTE: Manual de depuración Uralita., Pp. 96

➤ **ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL**

Para su determinación se usa el volumen y el largo del sedimentador:

$$At = \frac{V}{Lg}$$

Ecuación XX

Donde:

At = Área de la sección transversal(m^2)

V = Volumen del tanque de sedimentador(m^3)

Lg = Largo del sedimentador(m)

➤ **REMOCIÓN DE DBO5 Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS**

La eficiencia de remoción de DBO_5 y sólidos suspendidos, están en función de la concentración del afluente y del tiempo de retención.

$$R = \frac{Trh}{a + bTrh}$$

Ecuación XXI

Donde:

R = Porcentaje de remoción esperado(%)

Trh = Tiempo nominal de retención (h)

a y b = Constantes empíricas

Tabla XI VALORES DE LAS CONSTANTES EMPÍRICAS, A Y B A 20 ° C

VARIABLE	a, h	b
<i>DBO</i>	0.018	0.02
<i>SST</i>	0.0075	0.014

FUENTE: CRITES, R., Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones., Pp. 304

1.4.6. COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

Mediante este tratamiento se persigue mejorar la eliminación de los sólidos en suspensión y de la que no se consigue en etapas anteriores, sobre todo de las partículas coloidales.

Además permite “acondicionar el agua residual que contenga vertidos industriales, mejorar la eficiencia de los sedimentadores secundarios o especialmente cuando se trata del proceso de lodos activados.”¹⁴

El primer paso consiste en desestabilizar las partículas coloidales mediante la adición de reactivos químicos que reciben el nombre de coagulantes.

Una vez han sido desestabilizadas, ya pueden unirse o agregarse, viéndose este proceso favorecido por los compuestos denominados floculantes, que dan lugar a flóculos de mayor tamaño y densidad que precipitan con mayor rapidez.

En la TABLA XII se encuentran los coagulantes y floculantes, recomendados para tratamiento de aguas residuales de aguas residuales industriales.

¹⁴FUENTE: METCALF & EDDY., Ingeniería De Aguas Residuales., 1995., PP. 538

Tabla XII COAGULANTES Y FLOCULANTES

COMPUESTO	EFEECTO
sulfato de aluminio	coagulante
sulfato férrico	coagulante
sulfato ferroso	coagulante
polímeros a base de sales de aluminio	floculante
polímero a base de sales de hierro	floculante
poli amina cuaternaria	floculante
polímero sintético catiónico	floculante

FUENTE: El Autor

1.4.6.1. TEST DE JARRAS

El análisis de jarras es una prueba de laboratorio que busca determinar la dosis apropiada de coagulante que se debe suministrar al agua para optimizar el proceso de sedimentación

Este análisis básicamente es la simulación de los procesos de coagulación, floculación y sedimentación con diferentes dosis de coagulante; la determinación para saber cuál es la dosis óptima se hace por comparación visual y se escoge la muestra en la cual se puedan ver los flocs de mayor tamaño y que presente menor turbiedad.

La coagulación en el proceso de tratamiento del agua tiene por objeto agrupar las partículas (coloides) en suspensión dispersas en el agua en otras más

voluminosas y pesadas que puedan ser separadas más fácilmente del agua. La neutralización de la carga eléctrica del coloide, se realiza aplicando al agua coagulante o coadyuvante; el coagulante más común es el sulfato de aluminio (alumbre).

La floculación ocurre mediante dos mecanismos: la floculación ortocinética y pericinetica a los cuales se ven sometidas las partículas después que son desestabilizadas y agrupadas, influyendo en gran medida el tamaño de las mismas. Así para partículas pequeñas (menores de 1 μm), juega un papel más importante la floculación pericinetica influida por efecto térmico que da lugar al movimiento browniano que distribuye uniformemente las partículas en la solución, y en el caso de partículas de mayor tamaño tiene una gran importancia el gradiente de velocidad del líquido (G), predominando la floculación ortocinética. En definitiva en el fenómeno de la floculación el número de choques entre partículas es proporcional a la concentración de estas, a su tamaño y al gradiente de velocidad.

1.4.6.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

➤ AREA DE COAGULACIÓN - FLOCULACION

El área del tanque de coagulación - floculación, se determina en base a la carga superficial, expuestas en la tabla XV.

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

Ecuación XXII

Donde:

A = Área del tanque de floculación (m^2)

Q = Caudal a tratar en el tanque de floculación (m^3/h)

C_s = Carga superficial ($m^3/m * d$)

**Tabla XIII CARGAS DE SUPERFICIE RECOMENDADAS PARA DIVERSAS
SUSPENSIONES QUÍMICAS**

SUSPENSION	CARGA DE SUPERFICIE ($m^3/m^2 * d$)	
		CAUDAL PUNTA
floculo de alúmina	40	40 - 50
floculo de hierro	40	40 - 50
floculo de cal	40	40 - 60
agua residual cruda	40	40 - 50

FUENTE: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., PP. 557

➤ **ANCHO DEL TANQUE**

Para el cálculo del ancho del tanque, se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_n = \sqrt{A/2}$$

Ecuación XXIII

Donde:

A = Área del tanque de floculación (m^2)

A_n = Ancho del tanque floculador (m)

➤ **LONGITUD DEL TANQUE**

Posteriormente se calcula la longitud del tanque de coagulación - floculación, con el valor del ancho:

$$L_g = \frac{A}{A_n}$$

Ecuación XXIV

Donde:

A = Área del tanque de floculación (m^2)

A_n = Ancho del tanque floculador (m)

L_g = Largo del tanque floculador (m)

➤ **VOLUMEN DEL TANQUE DE COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN**

Con los dos valores anteriores se obtiene el volumen del tanque de coagulación - floculación:

$$V = A_n * L_g * h$$

Ecuación XXV

Donde:

V = Volumen del tanque floculador (m^3)

A_n = Ancho del tanque floculador (m)

L_g = Largo del tanque floculador (m)

h = Altura del tanque floculador (m)

➤ **DIÁMETRO DEL TANQUE DE COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN:**

El diámetro del tanque se puede determinar usando la siguiente ecuación:

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

Ecuación XXVI

Donde:

ϕ = Diámetro del tanque floculador (m)

A = Área del sedimentador (m^2)

π = Número irracional (3,14159)

➤ **TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO**

Finalmente en base al caudal a tratar y volumen del tanque se determina el tiempo de retención hidráulico.

$$Trh = \frac{Q}{V}$$

Ecuación XXVII

Donde:

Trh = Tiempo de retención hidráulico (h)

Q = Caudal a tratar (m^3/h)

V = Volumen del tanque floculador (m^3)

Tabla XIV PARÁMETROS PARA COAGULADORES-FLOCULADORES

CARACTERISTICAS	VALOR	
	INTERVALO	TÍPICO
tiempo de retención (min)	20 – 60	30
Coagulación-floculación inducida por paletas, máxima velocidad periférica de la paleta, con reductor de velocidad máxima (m/s)	0.45 – 1.00	0.60
Coagulación-floculación por agitación por aire, con difusores de tubo poroso ($m^3/10^3m^3$)	0.60 – 1.20	0.75

FUENTE: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., PP. 537

La coagulación – floculación permiten una adecuada tratabilidad del agua residual, y al preceder de un sistema de lodos activados. Es necesario que los tanques dispongan de paletas para la agitación mecánica con mecanismos de transmisión

de velocidad variable de manera que la velocidad en la parte superior de la paleta tenga una reducción hasta un 30%.

➤ **POTENCIA NECESARIA**

De manera que es necesario determinar la potencia disipada de la mezcla, Camp y Stein (1943) estudiaron la formación y efectos de velocidad en diferentes clases de tanques desarrollando la siguiente ecuación:

$$P = G^2 * \mu * V$$

Ecuación XXVIII

Donde:

P = Potencia necesaria (w)

G = Gradiente medio de velocidad(m/s)

μ = Viscosidad dinámica(Ns/m^2)

V = Volumen del floculador (m^3)

Para valores de tiempo de retención hidráulico comprendidos entre 30 – 60 *min* los valores del gradiente medio de velocidad (G) oscilan entre 50 – 100.

➤ **ÁREA REQUERIDA DE LAS PALETAS**

El área requerida de las paletas se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * v^3}$$

Ecuación XXIX

Donde:

A = Área de la sección transversal de las paletas (m^2)

P = Potencia necesaria (W)

C_D = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas

ρ = Densidad del fluido(Kg/m^3)

v = Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido(m/s) en general se asumen valores entre 0,6 y 0,75.

1.4.7. GENERALIDADES DEL FILTRO BIOLÓGICO DE CARBÓN ACTIVADO

El filtro biológico no puede considerarse un proceso de tamizado o filtración en sí; su aplicación para el tratamiento de las aguas residuales está encaminada, más bien, a utilizarlo como un lecho de oxidación biológica por cuanto sirve para poner en contacto las aguas residuales con biomasa adherida a un medio de soporte fijo.

Tiene como objetivo principal reducir la carga orgánica presente en la descarga líquida. En general consiste en un lecho de cualquier material natural o sintético entre los cuales podemos mencionar piedras, plástico, carbón activado, entre otros. El concepto principal en el funcionamiento de un filtro biológico es que las aguas residuales se riegan sobre el lecho filtrante y se dejan percolar.

Por ello una de las características del lecho del filtro biológico percolador debe ser un medio altamente permeable, al cual los microorganismos se adhieren y por el cual el agua residual se infiltra.

En general los filtros se diseñan con piedra pero esto varía de acuerdo a las necesidades particulares de cada agua residual y el grado de tratamiento que se le desee brindar. La profundidad usualmente alcanza entre 1 a 2.5 m, en promedio 1.8 m. Se diseñan, en general, filtros circulares con distribuidor rotatorio superficial de agua; también rectangulares con sistemas de aplicación de agua mediante tuberías o toberas fijas.

Un detalle importante en el diseño de filtros biológicos es el sistema de drenaje inferior el cual sirve para recoger el agua residual tratada y los sólidos biológicos que se desprenden del medio. Éste sistema de drenaje es muy importante como

unidad de recolección y como estructura porosa a través del cual recircula el aire.¹⁵

A continuación se muestran las propiedades físicas de medios de contacto principales usados en filtros percoladores:

Tabla XV PROPIEDADES FÍSICAS DEL CARBÓN ACTIVADO PARA FILTROS PERCOLADORES

ESPECIFICACIONES	VALOR
densidad aparente (g/cm^3)	0.45 – 0.53
área superficial específica (m^2/g)	800
volumen del poro (cm^3/g)	0.35 – 0.38
ph en agua	8.00 – 8.50
Cenizas(%)	Máximo 12
Resistencia a la abrasión(%)	85
numero de lodo ($12\ mg/g$)	750

FUENTE: Distribuidor de Carbón Activado, CLOROSA S.A.

1.4.7.1. DISEÑO DEL FILTRO BIOLÓGICO CON CARBÓN ACTIVADO COMO MEDIO DE CONTACTO

Se consideró utilizar carbón activado para el filtro biológico por su característica adsorbente la cual le permite adherir o retener en su superficie uno o más componentes del líquido que está en contacto con él.

El carbón activado es el mejor adsorbente de uso general para remoción o reducción de muchos compuestos orgánicos y algunos inorgánicos del agua y de aguas residuales. Está considerado como un excelente removedor de materia orgánica, y, entre otros compuestos, permite reducir la concentración de

¹⁵FUENTE: JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS, Tratamiento De Aguas Residuales, Teoría y Principios De Diseño. Editorial Escuela Colombiana De Ingeniería

compuestos volátiles, partículas en suspensión, metales pesados, nitratos, bacterias y virus, flúor y minerales y sales disueltas presentes en las aguas residuales.

La capacidad de absorción y remoción de contaminantes del carbón activado depende, especialmente, de las propiedades físicas específicas del tipo de carbón activado a utilizarse en el tratamiento.

Se escogió el carbón activado debido a la peculiaridad de este material; ya que posee dos cualidades muy particulares: su elevada superficie interna que le permite retener sustancias sobre su superficie (adsorción) y su baja selectividad de retención.

Son dos características fundamentales en las que se basan las aplicaciones del carbón activado: elevada capacidad y baja selectividad de retención. La elevada capacidad de eliminación de sustancias se debe a la alta superficie interna que posee en gran medida gracias a su porosidad y distribución de tamaño de poros.

Los microporos (tamaño inferior a 2 *nm*) le permiten poseer una elevada superficie y capacidad de retención, los mesoporos (tamaño comprendido entre 2 – 50 *nm*) y macroporos (tamaño mayor a 50 *nm*) le permiten retener las moléculas de gran tamaño.

Por otra parte tiene escasa especificidad ante el proceso de retención de sustancias, por ello se lo reconoce como un adsorbente “universal”. No obstante, por su naturaleza apolar y por el tipo de fuerzas implicadas en el proceso de adsorción, retendrá preferentemente moléculas apolares y de alto volumen molecular como por ejemplo hidrocarburos, compuestos aromáticos, detergentes, fenoles, metales pesados y derivados de grupos hidroxilos, colorantes, etc.¹⁶

¹⁶RODRÍGUEZ REINOSO F. Y MOLINA SABIO M., El carbón activado en procesos de descontaminación, pág. 164 – 177

El carbón activado granular tiene la capacidad de adsorber relativamente pequeñas cantidades de compuestos orgánicos solubles y compuestos inorgánicos como N_2 , sulfuros y metales pesados, remanentes en las aguas residuales, según la TABLA XVI. Presentada a continuación:

Tabla XVI COMPUESTOS ORGÁNICOS ADSORBIBLES POR EL CARBÓN ACTIVADO GRANULAR

CLASES DE COMPUESTOS	EJEMPLO
disolventes orgánicos	benceno, tolueno, xileno
aromáticos policíclicos	naftaleno, bifenilo
aromáticos clorados	clorobenceno, PBC's endrina, DDT
fenólicos	fenol, cresol, resorsinol, nitrofenol, clorofenol,
aminas aromáticas y aminas alifáticas de alto peso molecular	anilina, diamina de tolueno
surfactantes	alquil benceno, sulfonatos
combustibles	gasolina queroseno aceite

FUENTE: ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USA, 1984

Como se mencionó, una parte importante del diseño de filtros biológicos es la posterior sedimentación, en un sedimentador secundario.

Su función específicamente es retener los sólidos lavados y removidos de la capa bacterial que se desprende del medio de contacto.

1.4.7.2. PREDISEÑO DEL FILTRO CON CARBON ACTIVADO

➤ **CONSTANTE DE TRATABILIDAD:** Está dada en función de que la temperatura (T) del agua residual influye sobre la velocidad de reacción del proceso biológico. Se emplea la siguiente fórmula según el modelo de BRUCE Y MERKENS:

$$K_T = 0.037 (1.08)^{T-15}$$

Ecuación XXX

Donde:

T = temperatura del agua residual, para el presente caso, es aproximadamente a 18 C.

➤ **VOLUMEN DEL FILTRO:** Se determina al utilizar el modelo de BRUCE Y MERKENS, al relacionar la DBO del afluente y efluente del filtro, la constante de tratabilidad(K_T)y el área superficial específica del medio de contacto, el cual se lo toma de la TABLA XV.

$$V = \frac{Q \ln \left(DBO_{AFLUENTE} / DBO_{EFLUENTE} \right)}{k_T * S}$$

Ecuación XXXI

Donde:

Q = Caudal

k_T = Constante de Tratabilidad

➤ **EFICIENCIA REQUERIDA:** este cálculo permite determinar el porcentaje de DBO que se requiere remover, en éste caso particular, para su posterior descarga.

$$E = \frac{DBO_{AFLUENTE} - DBO_{EFLUENTE}}{DBO_{AFLUENTE}} * 100$$

Ecuación XXXII

Donde:

E = Eficiencia requerida

a. ÁREA SUPERFICIAL DEL FILTRO: El área superficial del filtro se determina al dividir el Volumen del filtro (V) y la profundidad (P), la cual se asume con un valor de 1.5 m. Se calcula de la siguiente manera:

$$A_F = \frac{V_F}{P}$$

Ecuación XXXIII

Donde:

A_F = Área superficial del Filtro

V_F = Volumen del Filtro

P = Profundidad

b. LARGO Y ANCHO DEL FILTRO: Se asume que la sección del filtro es CUADRADO, por lo cual se determina el largo y ancho con la raíz cuadrada del área superficial del filtro, de la siguiente manera:

$$Lg = \sqrt{A_F}$$

Ecuación XXXIV

Donde:

Lg = Largo del Filtro

A_F = Ancho del Filtro

c. CARGA ORGÁNICA AFLUENTE AL FILTRO: Está considerada como la cantidad de materia orgánica expresada como *DBO* aplicada al proceso de tratamiento.

Se expresa en Kg/d , y se determina de la siguiente manera:

$$W = C * Q$$

Ecuación XXXV

Donde:

C = concentración de DBO en el afluente, expresada en (Kg/m^3)

Q = caudal del afluente, expresado en (m^3/d)

d. ELIMINACIÓN DE DBO :se obtiene calculando el producto entre la carga orgánica aplicada (W)y la eficiencia del filtro (E), con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$DBO_{ELIMINADA} = E * W$$

Ecuación XXXVI

Donde:

W = Carga orgánica aplicada

1.4.8. GENERALIDADES DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Los tanques de sedimentación secundaria por lo general son de forma circular, pero también se construyen cuadradas o rectangulares.

La profundidad óptima de un tanque de sedimentación secundaria depende de muchas variables, actualmente se diseñan aumentando la profundidad para optimizar la eficiencia; pero un tanque poco profundo puede operar con igual eficiencia que un tanque profundo si se mantiene un manto de lodo de profundidad mínima.

La estructura de entrada al Sedimentador secundario debe diseñarse para velocidades de flujo menores de $0.6 (m/s)$, con el fin de minimizar la rotura del blog biológico.

**Tabla XVII INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO DE SEDIMENTADORES
SECUNDARIOS EN PROCESOS DE FILTRO BIOLÓGICO**

PARAMETRO	VALORES RECOMENDADOS	
	Qmed	Qmax
velocidad ascensional (m/s)	0.7 – 1.0	1.5 – 2.0
carga de superficie ($m^3/m^2 * h$)	0.68 – 1.02	1.70 – 2.04
carga de sólidos ($Kg/m^2 * h$)	2.9 – 4.9	≤ 7.8
tiempo de retención (h)	2.5	1.5
profundidad (m)	3.0 – 4.5	3.0 – 4.5

FUENTE: Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización

A continuación se señalan algunos valores recomendados sobre la producción de fangos en el tratamiento con filtro biológico:

**Tabla XVIII INFORMACIÓN SOBRE LOS VALORES DE DISEÑO PARA LA
PRODUCCIÓN DE FANGOS EN PROCESOS DE FILTRO BIOLÓGICO**

VALORES RECOMENDADAS	KG DE SST POR KG DE DBO ELIMINADA	KG DE SSV POR KG DE DBO ELIMINADA
Valor mínimo	0.65	0.40
Valor máximo	0.85	0.55

FUENTE: Manual de diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales

1.4.8.1. SEDIMENTADOR SECUNDARIO

El sedimentador secundario es parte fundamental del proceso de lodos activos, cumple la función de clarificar el efluente mezclado para la descarga del efluente final y concentra el lodo activado para su retorno al proceso.

Los tanques de sedimentación para el proceso de lodos activados pueden ser rectangulares o circulares, y en pocas ocasiones se emplean tanques cuadrados los cuales tienen poca retención de sólidos.

En cualquier tipo de tanques de sedimentación lo importante es la recogida de lodos, de manera que, “en la recirculación de lodos no haya una succión del líquido de la parte superior a través del lodo y debe ser capaz de transportar y extraer los lodos densos acumulados en el tanque de sedimentación en caso de alguna falla.”¹⁷

1.4.8.1.1. TANQUES CIRCULARES

Los tanques circulares suelen ser de dos tipos: de alimentación central y de alimentación periférica, los dos tipos de tanques transportan y evacuan los lodos mediante mecanismos rotatorios, cuya velocidad no debe ser mayor a 2 revoluciones por hora.

“Los tanques circulares secundarios con una capacidad de 300 no deberán ser diseñados con un sistema de barrido, deberán ser cónicos con una inclinación mínima de las paredes de la tolva de 60 grados, la remoción de lodos será por medio de tuberías.”¹⁸

Para los tanques que trabajen con mecanismos de barrido deberán disponer de una tolva central para la acumulación de lodos, al menos de 0,6 m de diámetro y 4 m de profundidad máxima. El fondo debe tener una inclinación de 1:12 (vertical: horizontal).

Además el diámetro de la zona de entrada en el centro del tanque debe ser aproximadamente el 15-20 % del diámetro de sedimentador. El retorno de lodos debe ser continuo y puede ser por medio de bombas centrífugas.

¹⁷ FUENTE: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995., Pp. 662

¹⁸ FUENTE: Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales (IEOS).1992., Pp. 378

1.4.8.1.2. TANQUES RECTANGULARES

En los tanques rectangulares se debe conseguir una adecuada distribución del caudal de manera que las velocidades horizontales no resulten excesivas. La relación largo/ancho deberá ser de 2/1 como mínimo y la relación ancho profundidad debe ser superior a 2/1. La remoción de lodos deberá ser intermitente para los tanques que posean mecanismo de barrido de movimiento longitudinal. Los tanques rectangulares emplean dos tipos de sistemas de extracción: rascadores múltiples y puentes de traslación.

1.4.8.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El área del sedimentador secundario, se obtiene a partir de la relación propuesta por Metcalf y Eddy, utilizando el valor de la carga de superficie para sedimentación

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

Ecuación XXXVII

Donde:

A = Área del sedimentador secundario (m^2)

Q = Caudal (m^3/h)

C_s = Carga superficial ($m^3/m * d$)

➤ DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR

El diámetro del sedimentador se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

Ecuación XXXVIII

Donde:

\emptyset = Diámetro del tanque floculador(m)

A = Área del sedimentador(m^2)

π = Número irracional (3,14159)

El 25 % del diámetro es el reparto central, entonces tenemos que:

$$R_{central} = \emptyset * 25\%$$

Ecuación XXXIX

Para la determinación de la profundidad del sedimentador secundario se toma como referencia valores establecidos en la TABLA XIX. La altura de reparto se toma 1/4de la profundidad:

$$H_{reparto} = \frac{1}{4} * profundidad$$

Ecuación XL

Tabla XIX PARÁMETROS DE DISEÑO PARA SEDIMENTADORES SECUNDARIOS

TIPO DE TRATAMIENTO	Carga de superficie $m^3/m * d$		Carga de sólidos $Kg/m^2 * h$		Profundidad (m)
	media	punta	media	punta	
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados (excepto en la aireación prolongada)	16 – 32	41 – 49	3,90 – 5,85	9,76	3,6 – 6,0
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados con oxígeno	16 – 32	41 – 49	4,88 – 6,83	9,76	3,5 – 6,0
Sedimentación a continuación del proceso de aireación prolongada	8 – 16	24, 42 – 32	0,97 – 4,88	6,83	3,6 – 6,0
Sedimentación a continuación de filtros percoladores	16 – 24	41 – 49	2,93 – 4,88	7,81	3,0 – 4,5
Sedimentación a continuación de biodiscos: ➤ Efluente secundario ➤ Efluente nitrificado	16 – 32	41 – 49	3,90 – 5,85	9,76	3,0 – 4,5
	16 – 24	32 – 41	2,93 – 4,88	7,81	3,0 – 4,5

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., Pp. 669

Además se debe determinar la carga de vertedero de salida, a través de la siguiente ecuación:

$$carga\ del\ vertedero = \frac{Q}{\pi * \phi}$$

Ecuación XLI

Donde:

Q = Caudal a tratar en el sedimentador secundario (m^3/s)

ϕ = Diámetro del sedimentador

Se requiere calcular el ancho del sedimentador una vez obtenida el área, por medio de la siguiente ecuación:

$$A_n = \sqrt{A/2}$$

Ecuación XLII

El largo se calcula mediante la ecuación:

$$L_g = \frac{A}{A_n}$$

Ecuación XLIII

Con los dos valores anteriores se calcula el volumen de sedimentador:

$$V = A_n * L_g * h$$

Ecuación XLIV

Donde:

V = Volumen del tanque de sedimentador (m^3)

A_n = Ancho del sedimentador (m)

L_g = Largo del sedimentador (m)

h = Altura del sedimentador (m)

Es necesario determinar el tiempo de retención hidráulica, valor que depende del volumen del sedimentador.

$$Trh = \frac{Q}{V}$$

Ecuación XLV

Donde:

Trh = Tiempo de retención hidráulico (h)

Q = Caudal a tratar (m^3/h)

V = Volumen del sedimentador (m^3).

1.5. LEYES Y NORMAS

1.5.1. MARCO LEGAL

A continuación se van a detallar las normativas; a nivel nacional y regional, que son de interés para el presente proyecto de investigación.

Únicamente los artículos de interés específico serán transcritos según se encuentran publicados en cada ley, y reglamento; por el contrario, los artículos que guardan alguna relación general con la presente investigación serán simplemente enumerados.

1.5.2. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

En el Art. 264 y 415 se menciona acerca del tratamiento de aguas residuales, obligando a un adecuado manejo de desechos líquidos de manera que no sea perjudicial para otras redes de agua, logrando mantener un ambiente sano conservando la calidad del agua mencionado en el Art. 276.

1.5.3. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

En la ley de gestión ambiental mediante un desarrollo sustentable en el Art. 7 se pretende no comprometer los recursos disponibles de la naturaleza, aplicando estrategias de protección y manejo ambiental

En el Art. 18, cuyas medidas adoptadas para el control de impactos negativos son sometidos a evaluación por el Ministerio de Ambiente previa a su obtención de la licencia ambiental.

1.5.4. LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

1.5.4.1. EL CONSEJO SUPREMO DE GOBIERNO,

CONSIDERANDO: Que es deber del Estado Ecuatoriano precautelar la buena utilización y conservación de los recursos naturales del país, en pro del bienestar individual y colectivo.

Que el actual desarrollo industrial en el Ecuador obliga a que se oriente con sentido humano y esencialmente cualitativa la preservación del ambiente.

Que es preciso y urgente establecer una política a nivel nacional, que arbitre las medidas de un justo equilibrio entre su desarrollo tecnológico y el uso de los recursos del ambiente.¹⁹

1.5.5. REGLAMENTO SUSTITUTIVO DEL REGLAMENTO AMBIENTAL PARA OPERACIONES HIDROCARBURÍFERAS EN EL ECUADOR (1215)

Expedido mediante Decreto Ejecutivo 1215 y publicado en el Registro Oficial No. 265 de 13 de febrero de 2001 indica los siguientes artículos de interés para el presente trabajo de investigación:²⁰

¹⁹Ley de prevención y control de la contaminación ambiental (decreto supremo no. 374)

²⁰Reglamento Sustitutivo Del Reglamento Ambiental Para Operaciones Hidrocarburíferas En El Ecuador (1215) año 2012, Pp 1

TABLA XX: Límites permisibles para el monitoreo ambiental permanente de aguas y descargas líquidas en la exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados, inclusive lavado y mantenimiento de tanques y vehículos.

Tabla XX.a). Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas).

Tabla XXI.b). Límites permisibles en el punto de control en el cuerpo receptor (inmisión).

Tienen que cumplirse los límites establecidos en los dos puntos; quiere decir que si el efluente cumple con los límites establecidos pero en el punto de control se sobrepasan los límites, tienen que tomarse las respectivas medidas para disminuir los valores en el efluente hasta cumplir con la calidad exigida en el punto de control (inmisión).

Cualquier efluente debe ser oxigenado (aireación) previo a su descarga.

La periodicidad de los muestreos y análisis deberá cumplir con lo siguiente:

- Diario en refinerías y para descargas de perforación durante todo el periodo de perforación.
- Mínimo una vez al mes en todas las demás instalaciones hidrocarburíferas que generan descargas líquidas y en todas las fases de operación, excepto aquellos referidos en el siguiente punto.
- Semestralmente para las fases, instalaciones y actividades de almacenamiento, transporte, comercialización y venta de hidrocarburos que generen descargas líquidas.²¹

²¹Reglamento Sustitutivo Del Reglamento Ambiental Para Operaciones Hidrocarburíferas En El Ecuador (1215), año 2012, Pp 55, tabla 4a

**Tabla XX LÍMITES PERMISIBLES EN EL PUNTO DE DESCARGA DE
EFLUENTES (DESCARGAS LÍQUIDAS)**

PARAMETROS	EXPRESADO	UNIDAD	VALOR LIMITE PERMISIBLES ²²	PROMEDIO ANUAL ²³	DESTINO DE DESCARGA
Potencial hidrógeno	<i>pH</i>	---	5 < <i>pH</i> < 9	5.0 < <i>pH</i> < 9.0	Todos
Conductividad eléctrica	<i>CE</i>	<i>uS/cm</i>	< 2500	< 2000	Continente
Hidrocarburos totales	<i>TPH</i>	<i>mg/L</i>	< 20	< 15	Continente
Hidrocarburos totales	<i>TPH</i>	<i>mg/L</i>	< 30	< 20	Mar abierto
Demanda química de oxígeno	<i>DQO</i>	<i>mg/L</i>	< 120	< 80	Continente
Demanda química de oxígeno	<i>DQO</i>	<i>mg/L</i>	< 350	< 300	Mar abierto
Sólidos totales	<i>ST</i>	<i>mg/L</i>	< 1700	< 1500	Todos
Bario	<i>Ba</i>	<i>mg/L</i>	< 5	< 3	Todos
Cromo (total)	<i>Cr</i>	<i>mg/L</i>	< 0.5	< 0.4	Todos
Plomo	<i>Pb</i>	<i>mg/L</i>	< 0.5	< 0.4	Todos
Vanadio	<i>V</i>	<i>mg/L</i>	< 1	< 0.8	Todos
Nitrógeno global (incluye N orgánico, amoniacal y óxidos) ²⁴	<i>NH₄ – N</i>	<i>mg/L</i>	< 20	< 15	Todos
Fenoles		<i>mg/L</i>	< 0.15	< 0.10	Todos

²²En cualquier momento

²³Promedio de las determinaciones realizadas en un año conforme a la frecuencia de monitoreo establecida en el artículo 11 de este Reglamento

²⁴Parámetro exigido únicamente para refinerías dentro del programa de monitoreo ambiental interno rutinario

**Tabla XXI LÍMITES PERMISIBLES EN EL PUNTO DE CONTROL EN EL
CUERPO RECEPTOR (INMISIÓN)**

PARAMETROS	EXPRESADO	UNIDAD	VALOR LIMITE PERMISIBLES ²⁵	PROMEDIO ANUAL ²⁶	DESTINO DE DESCARGA
Temperatura ²⁷	-----	°C	+3°C	-----	General
Potencial hidrógeno ²⁸	<i>pH</i>	-----	6.0 < <i>pH</i> < 8.0	6.0 < <i>pH</i> < 8.0	General
Conductividad eléctrica ²⁹	<i>CE</i>	<i>uS/cm</i>	< 170	< 120	Continente
Hidrocarburos totales	<i>TPH</i>	<i>mg/L</i>	< 0.5	< 0.3	General
Demanda química de oxígeno ³⁰	<i>DQO</i>	<i>mg/L</i>	< 30	< 20	General
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	<i>C</i>	<i>mg/L</i>	< 0.0003	< 0.000215	General

²⁵En cualquier momento

²⁶Promedio de las determinaciones realizadas en un año conforme a la frecuencia de monitoreo establecida en el artículo 11 de este Reglamento

²⁷A una distancia o en un radio de 300 metros, comparado con un punto representativo en el cuerpo receptor aguas arriba a la entrada del efluente

²⁸De presentar el cuerpo receptor un pH natural menor a los límites establecidos, se pueden disminuir los valores a este nivel, siempre que se haya comprobado estadísticamente a través de un monitoreo del cuerpo receptor en un punto aguas arriba a la entrada del efluente.

²⁹De presentar el cuerpo receptor una conductividad eléctrica natural superior a los límites establecidos, se pueden incrementar los valores hasta este nivel, siempre que se haya comprobado estadísticamente a través de un monitoreo del cuerpo receptor en un punto aguas arriba a la entrada del efluente.

³⁰De presentar el cuerpo receptor una DQO natural superior a los límites establecidos, se pueden incrementar los valores hasta este nivel, siempre que se haya comprobado estadísticamente a través de un monitoreo del cuerpo receptor en un punto aguas arriba a la entrada del efluente.

1.5.6. ORDENANZA MUNICIPAL

La ordenanza municipal para la prevención y control de la contaminación por desechos industriales, de servicios florícolas y otros de carácter peligrosos generados por fuentes fijas del cantón Riobamba, Registro Oficial N° 441, fue aprobada en Octubre del año 2004, la cual nunca se aplicó, en ella establece varios criterios para la descarga de vertidos líquidos, actualmente no existe una normativa vigente para descargas de efluentes al alcantarillado público.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación tiene lugar en E.P.PETROECUADOR RIOBAMBA la misma que está ubicada en la provincia de Chimborazo en la ciudad de Riobamba en la parroquia San Juan en el *Km* 162 + 400 a una altura 3233 *m.s.n.m.* al Norte 9818625 – Este 749625. El mismo que tratará acerca del diseño de un Sistema de Tratamiento de las descargas líquidas emanadas por la estación.

2.2. MUESTREO

El muestreo y caracterización de la descarga líquida nos proporciona información de los contaminantes que contiene el agua residual además de su cantidad y afectación al medio ambiente, así como proponer el tratamiento más idóneo para la remoción de dichos contaminantes.

Antes de realizar el muestreo se analizó e identificó las áreas de contaminación en la empresa en sí se identificó dos lugares el sitio de descarga y el de carga de combustibles (extra, súper y diesel).

Estos puntos son los más vulnerables de contaminación ya que se realiza su respectiva limpieza semanalmente evacuando el agua residual a los canales que lo rodean y depositándose en un tanque de almacenamiento.

2.3. PLAN DE MUESTREO

El muestreo se emprende por una serie de razones con el fin de obtener los siguientes propósitos:

- Datos operacionales de rutina para determinar el desempeño general de una planta.
- Datos que pueden usarse para documentar el desempeño de un determinado proceso u operación.
- Datos que pueden usarse para implementar programas nuevos propuestos.

- Datos necesarios para reportar cumplimiento de las normas.

El Muestreo, técnicas de muestreo, manejo y conservación de muestras se hacen en base:

- Norma Técnica Ecuatoriana *NTE INEN 2169:98*. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras
- Norma Técnica Ecuatoriana *NTE INEN 2176:98*. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

Se requiere una técnica apropiada de muestreo que se encuentre dentro de los métodos normalizados o estándar para obtener un resultado real y que la muestra sea representativa del total de la descarga.

2.4. TECNICAS DE MUESTREO

El muestreo manual es el método más utilizado al momento de determinar grasas y aceites así como compuestos orgánicos volátiles. La muestra se toma colocando un recipiente adecuado sobre el flujo y llenándolo.

Se recomienda utilizar recipientes de boca ancha, por lo menos de 5 *cm* de diámetro. Con ello el técnico puede observar y vigilar las condiciones del muestreo en todo el proceso de la toma de muestra y cubrir cualquier requerimiento adicional.

La cantidad requerida de muestra para su posterior análisis en el laboratorio depende del número de parámetros que se necesite determinar. En general para el análisis de un solo parámetro se necesitan al menos 100 *ml*, para análisis de rutina de muestras simples 2 *L* y para muestras compuestas 4 *L* ver anexo V

Los parámetros como *pH*, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto se toman in situ. Para parámetros como color, *DBO*, sulfatos se debe refrigerar la muestra a 8°C. El *DQO* se preserva con la adición de 2 *ml* de H_2SO_4/L ver anexo VI

Para cualquier industria relacionada con el petróleo y sus derivados se sugiere como parámetros principales los siguientes: amoníaco, *DBO*,cromo, *DQO*, *OD*, grasas y aceites, fenoles, *pH*, sulfuros, sólidos suspendidos, temperatura y sólidos disueltos.

2.5. METODOLOGIA Y TECNICAS

2.5.1. MÉTODOLOGIA

Para la realización de este proyecto se apoyado en los distintos tipos de investigación o métodos puesto que, deberemos manipular ciertos parámetros y variables para observar que resultado arroja y emitir las soluciones más adecuadas los métodos que se han utilizado en este proyecto son.

2.5.1.1. DESCRIPTIVO

Tiene carácter descriptivo porque se conocerá profundamente: las referencias del caudal, parámetros de la descarga líquida analizados en laboratorios acreditados, variaciones en las concentraciones de los contaminantes en la descarga líquida; con ello se va a proponer la mejor alternativa en el diseño del sistema de tratamiento.

2.5.1.2. HISTÓRICO

Se investigará, estudiará y analizará hechos pasados por lo cual se le considera una investigación de carácter histórico, ya que se hará una comparación de los monitoreos de las descargas líquidas a partir de los registros históricos obtenidos en la antigua Estación de Servicios PETROCOMERCIAL.

2.5.1.3. INVESTIGATIVO

De igual manera se realizará investigación bibliográfica que tiene el propósito de profundizar los conocimientos sobre el tema y la orientación que se le dará con criterios técnicos, conceptualizaciones, conclusiones y recomendaciones adecuadas.

Complementando con la información de libros, revistas, publicaciones, tesis de grado o algún otro tipo de documentación que le permita obtener la mayor cantidad de información posible.

2.5.1.4. INVESTIGACION DE CAMPO

Se hará investigación de campo estudiando el fenómeno en su ambiente natural, es decir, se realizará actividades dentro de E.P.PETROECUADOR, en la recolección de datos de caudal, toma de muestra, caracterización del efluente y análisis del grado de cumplimiento de las leyes, normas y reglamentos relacionados con el proyecto.

Para iniciar la investigación se hará varias visitas a E.P.PETROECUADOR, con el fin de realizar el levantamiento de información: recolección de información bibliográfica, análisis de los monitoreos históricos, determinación de los parámetros que han tenido problemas y medidas aplicadas previamente con el fin de establecer un estudio de las descargas líquidas; además de una descripción detallada de las actividades realizadas en la estación de servicios y determinación de áreas de influencia directa e indirecta.

La caracterización Físico Química de la descarga líquida de E.P.PETROECUADOR se la realizará en los laboratorios acreditados instituciones que garantizan la confiabilidad de los ensayos realizados.

Con los resultados de la caracterización Físico Química de la descarga líquida se procederá al análisis de los parámetros fuera de norma al compararlos con el Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (1215).

2.5.1.5. INDUCTIVO

Para realizar este trabajo de investigación se calculó el volumen utilizado para la limpieza en los tanques de almacenamiento de la isla de carga y de la isla de

descarga, con el objeto de conocer el consumo de agua promedio que se utiliza para la limpieza de las respectivas áreas de investigación.

Posteriormente se tomaron muestras representativas del agua residual las mismas que fueron llevadas a laboratorio de aguas CESTTA y al laboratorio de agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, para su análisis, estos datos se, analizaran y posteriormente realizaran los debidos cálculos de ingeniería, los mismos que ayudaran al dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.

2.5.1.6. DEDUCTIVO

Para los tratamientos de aguas provenientes de estaciones de combustibles existen muy pocos a nivel nacional, los mismos que se centran en que el diseño está en función del volumen de agua, de los contaminantes que predominan. Entonces por medio del análisis de la realidad de la empresa se realizó la medición del caudal, la caracterización de las aguas residuales, y en base a los resultados se procedió a diseñar el sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa de EPPETROECUADOR.

2.5.1.7. EXPERIMENTAL

El estudio de este proyecto de investigación tiene un carácter experimental utilizando como procesos lógicos la inducción y deducción ya que se necesita conocer que contaminantes están presentes en mayor cantidad en las aguas que son vertidas de las islas, de tal forma que se identifique los distintos parámetros que influyen sobre la investigación.

2.6. TÉCNICAS

Son procedimientos o un conjunto de reglas que tienen como objetivo obtener un resultado determinado ya sea en el campo de la ciencia, la tecnología o cualquier otra actividad.

La técnica requiere de destrezas manuales como intelectuales, frecuentemente del uso de herramientas y siempre de saberes muy variados. A nivel de laboratorio los métodos utilizados dentro de esta investigación son:

Tabla XXII DETERMINACIÓN DEL PH MÉTODO APHA 4500 B

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
El principio básico de la determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrogeno por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo patrón de hidrogeno y otro de referencia.	La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual dependen del pH.	Para lo cual necesitamos: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Medidor de pH ➤ Electrodo de referencia ➤ Vaso de precipitación ➤ Agitador ➤ Cámara de flujo 	Preparación general: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Calíbrese el sistema de electrodos frente a las soluciones tampón estándar o con un pH conocido. ➤ Tomar una cantidad de agua en un vaso de precipitación ➤ Agítese, mida el pH. 	La escala operativa del pH se utiliza para medir el pH de la muestra y se define como: $pH_a = pH_b = \text{asignado al tampon}$ $pH_a = pH_b = \frac{F(E_x - E_s)}{2.303RT}$ <p>Donde:</p> <p>$pH_a = pH$ = de la muestra medido Potenciométricamente</p> <p>F = Faraday $9,649 * 10^4 \text{ culombios/mol}$</p> <p>$E_x$ = muestra fem, V</p> <p>E_s = tampón fem, V</p> <p>R = constante de los gases $8,314 \text{ J/(mol.}^\circ K)$</p> <p>$T$ = temperatura absoluta $^\circ K$</p>

Fuente: Método 4500-B Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables. Pp. 350– 351

Tabla XXIII DETERMINACIÓN DE LA DQO MÉTODO APHA 5220 D

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
Una muestra se somete a reflujo con una solución de dicromato de potasio en medio ácido al 50%, y el exceso de dicromato se titula con sulfato ferroso amoniacal. La cantidad de materia orgánica oxidable es proporcional al bicarbonato de potasio que se consume.	Determinar la cantidad de compuestos oxidables presentes en el agua.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aparato de reflujo ➤ Probeta graduada ➤ Vaso de precipitación ➤ Pipetas volumétricas <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bicarbonato de potasio ➤ Ácido sulfúrico ➤ Solución valorada de sulfato ferroso amoniacal 0,25 N. <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Indicador de ferroín ➤ Sulfato de plata en cristales 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Poner 50 mL de muestra en el matraz esférico, junto con 25 mL de bicarbonato de potasio. ➤ Luego, con cuidado adicionar 75 mL de ácido sulfúrico, mezclando después de cada adición. ➤ Fijar el matraz al refrigerante y someter la mezcla a 2 horas de reflujo. ➤ Diluir la mezcla a unos 350 mL y titular el exceso de bicarbonato con sulfato ferroso amoniacal valorado. 	<p>Se determina a partir de la siguiente ecuación:</p> $\frac{mg}{L} DQO = \frac{(a - b)c * 8000}{ml \text{ de muestra}} - d$ <p>Donde:</p> <p><i>DQO</i> = Demanda química de oxígeno al dicromato.</p> <p><i>a</i> = mL de sulfato ferroso amoniacal usado para el testigo.</p> <p><i>a</i> = mL de sulfato ferroso amoniacal usado para la muestra.</p> <p><i>c</i> = Normalidad del sulfato ferroso amoniacal</p> <p><i>d</i> = Corrección por <i>Cl</i> = mg/L de Cl × 0,23</p>

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 5220 D., Pp. 356 - 357

Tabla XXIV DETERMINACIÓN DE LA DBO MÉTODO APHA 5210 B

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
La muestra de agua es incubada por 5 días a 20 C en la oscuridad, el progreso de la descomposición o estabilización de la materia orgánica en el agua se refleja en un lento agotamiento del oxígeno disuelto durante el periodo de incubación	<p>➤ Conocer la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable.</p> <p>➤ Determinar la carga contaminante del agua residual analizada.</p> <p>➤ Conocer la eficiencia del sistema de tratamiento aplicado.</p>	<p>➤ Frascos de incubación de 250-300 mL de capacidad.</p> <p>➤ Incubadora de aire o baño maría.</p> <p>Reactivos</p> <p>➤ Agua destilada</p> <p>➤ Solución amortiguadora de fosfato.</p> <p>➤ Solución de sulfato de magnesio.</p> <p>➤ Solución de cloruro de calcio.</p> <p>➤ Solución de cloruro férrico.</p> <p>➤ Solución de sulfito de sodio 0,025 N. Inóculo.</p>	<p>➤ Preparación del agua de dilución.</p> <p>➤ Inoculación, adición de una población adecuada de microorganismos, para que oxiden la materia orgánica biodegradable.</p> <p>➤ Pre tratamiento, tratamientos específicos según la muestra a analizar.</p> <p>➤ Dilución, de acuerdo a la muestra.</p> <p>➤ Determinación del OD,</p> <p>➤ Incubación, por cinco días a 20 C. Corrección por el inóculo.</p> <p>➤ Control del agua por dilución.</p>	<p>➤ Cuando no se requiere inoculación:</p> $\frac{mg}{L} DBO = \frac{D_1 - D_2}{P}$ <p>➤ Cuando se emplea agua de dilución inoculada:</p> $\frac{mg}{L} DBO = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$ <p>Donde:</p> <p>D_1 = OD de la muestra diluida, después de 15 min de su preparación.</p> <p>D_2 = OD de la muestra diluida, después de la incubación.</p> <p>P = Fracción decimal, de la muestra usada.</p> <p>B_1 = OD de la disolución de control del inóculo, antes de la incubación.</p> <p>B_2 = OD de la disolución de control del inóculo, después de la incubación.</p> <p>P = Relación del inóculo en la muestra al inóculo en el control.</p>

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 5210 B., Pp.282 - 288

Tabla XXV DETERMINACIÓN DE LA NITRÓGENO TOTAL MÉTODO KJEDAH

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
Ésta determinación incluye el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno orgánico. Se determina por el método de Kjeda	Conocer los niveles de toxicidad de las aguas residuales analizadas.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Matraz Kjeda 800 mL, Aparato digestor, Aparato de destilación Reactivos <ul style="list-style-type: none"> ➤ Agua exenta de amoníaco ➤ Solución amortiguadora de fosfato, Solución de sulfato mercúrico, Solución de ácido sulfúrico-sulfato mercúrico-sulfato de potasio, Solución hidróxido de sodio-tiosulfato de sodio ➤ Indicador de fenolftaleína ➤ Ácido bórico con indicador ➤ Solución valorada de ácido sulfúrico 0,02 N 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Adicionar 100 mL de muestra al matraz de Kjeda agregar 50 mL de la solución ácido-sulfato. ➤ Se digiere la muestra por ebullición durante 20 a 30 min, después de que se haya clarificado la solución. ➤ Se enfría el residuo y se agregan 300 mL de agua exenta de amoníaco. ➤ Se alcaliza con una solución hidróxido de sodio-tiosulfato de sodio. ➤ Se destila en 50 mL del ácido bórico con indicador hasta que se hayan recolectado unos 200 mL del destilado. ➤ Se titula el amoníaco con ácido sulfúrico 0,02 N hasta el vire del indicador. ➤ Se lleva un testigo de los reactivos y se aplica las correcciones necesarias. 	<p>Se usa la siguiente ecuación para su cálculo:</p> $\frac{mg}{L} de NT = \frac{(mL H_2SO_4 m - mL H_2SO_4 t) * 280}{mL de la muestra}$

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método Kjeda

Tabla XXVI DETERMINACIÓN DE TDS MÉTODO APHA 2540 B

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>Se evapora una muestra correctamente mezclada, en una placa previamente secada y pesada a peso constante en un horno a 103-105 C.</p> <p>El aumento de peso en la placa vacía representa los sólidos totales.</p>	<p>Estimar la cantidad de materia disuelta y en suspensión presente en el agua residual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cápsulas de porcelana de 90 mm de diámetro ➤ Desecador ➤ Horno de mufla ➤ Horno de secado ➤ Balanza de análisis 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Llevar las cápsulas una vez pesadas al horno de secado a 103-105 C durante una hora, luego poner en el desecador por el tiempo necesario. ➤ Poner un volumen de la muestra considerable y mezclada en la cápsula, evaporarla hasta que se seque en un horno de secado a 2 C o baño de vapor. ➤ Secar la muestra evaporada en un horno a 103-105 C por una hora. ➤ Enfriar en el desecador y pesar. ➤ Realizar varios ensayos hasta obtener el peso constante. 	<p>Para determinar los sólidos totales se realiza mediante la siguiente ecuación:</p> $\frac{mg\ TDS}{L} = \frac{(A - B) * 1000}{V\ muestra\ en\ ml}$ <p>Donde:</p> <p>A = Peso de residuo seco + cápsula mg</p> <p>B = Peso de la cápsula en mg</p>

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 2540B., Pp. 81

2.7. PARTE EXPERIMENTALES

2.7.1. DIAGNÓSTICO

En la empresa E.P.PETROECUADOR Riobamba, realiza una limpieza semanal de los sitios de carga y descarga de combustibles descargando los efluentes de cada sitio sin previo tratamiento siendo consideradas altamente contaminantes para el medio que los rodea.

En la isla de carga se consumen un promedio de 24298L por lavada, 15982 L en la isla de descarga, es decir que se consumen un promedio de 40280 L de agua para la limpieza.

Como se ha determinado en la isla de carga utilizan más agua para la limpieza cabe recalcar que en este sitio existe la mayor parte de contaminantes ya que para la recepción de los combustibles se los hace por la vía de vehículos.

Se utiliza detergentes los cuales sirven para la separación de los hidrocarburos. En los dos sitios además de la contaminación con combustibles existen insectos muertos y arena en época de invierno que la lluvia atrae consigo además esta aumenta paulatinamente el volumen del agua y se mezcla con el agua residual en el tanque de almacenamiento.

Se ha realizado análisis del agua en laboratorios acreditados y con el manejo adecuado de las muestras la *DQO* y *DBO* está alta en las dos islas lo cual nos indica que existe población microbiana alta.

Existe una alta cantidad de sólidos totales Además la presencia de hidrocarburos y aceites provenientes de los vehículos nos conlleva a elegir un proceso que logre separar del flujo.

Tomando estos análisis y resultados se propondrá un sistema de tratamiento adecuado con el objetivo de disminuir la contaminación y cumplir con las leyes ambientales.

2.8. DATOS

Tabla XXVII RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO QUIMICOS DE LA ISLA DE CARGA

PARAMETRO	EXPRESADO	UNIDAD	RESULTADO
Potencial hidrógeno	<i>pH</i>	-----	7.05
Conductividad eléctrica	<i>CE</i>	<i>uS/cm</i>	622
Hidrocarburos totales	<i>TPH</i>	<i>mg/L</i>	573.50
Demanda química de oxígeno	<i>DQO</i>	<i>mg/L</i>	1306
Sólidos totales	<i>ST</i>	<i>mg/L</i>	1540
Bario	<i>Ba</i>	<i>mg/L</i>	<1
Cromo (total)	<i>Cr</i>	<i>mg/L</i>	<0.3
Plomo	<i>Pb</i>	<i>mg/L</i>	<0.3
Vanadio	<i>V</i>	<i>mg/L</i>	<0.5
Nitrógeno global (incluye N orgánico, amoniacal y óxidos)	<i>NH₄ – N</i>	<i>mg/L</i>	16.13
Fenoles		<i>mg/L</i>	0.52
Demanda bioquímica de oxígeno	<i>DBO</i>	<i>mg/L</i>	742

FUENTE: AUTOR

**Tabla XXVIII RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO QUIMICOS DE LA ISLA
DE DESCARGA**

PARAMETRO	EXPRESADO	UNIDAD	RESULTADO
Potencial hidrógeno	<i>pH</i>	-----	7.05
Conductividad eléctrica	<i>CE</i>	<i>uS/cm</i>	566
Hidrocarburos totales	<i>TPH</i>	<i>mg/L</i>	<0.25
Demanda química de oxígeno	<i>DQO</i>	<i>mg/L</i>	597
Sólidos totales	<i>ST</i>	<i>mg/L</i>	720
Bario	<i>Ba</i>	<i>mg/L</i>	<1
Cromo (total)	<i>Cr</i>	<i>mg/L</i>	<0.3
Plomo	<i>Pb</i>	<i>mg/L</i>	<0.3
Vanadio	<i>V</i>	<i>mg/L</i>	<0.5
Nitrógeno global (incluye N orgánico, amoniacal y óxidos)	<i>NH₄ – N</i>	<i>mg/L</i>	4.03
Fenoles		<i>mg/L</i>	0.37
Demanda bioquímica de oxígeno	<i>DBO</i>	<i>mg/L</i>	388

FUENTE: AUTOR

Como se puede visualizar en la isla de carga se usa mayor volumen y por lo tanto existe una mayor cantidad de contaminantes como el DQO, DBO, los TPH, los SOLIDOS TOTALES, FENOLES, Y EL NITROGENO, con estos datos se va a presentar el diseño de un sistema apropiado que permita reducir al mínimo los contaminantes.

3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Anteriormente para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales se usa los valores del volumen a tratar y los resultados de los análisis físico-químicos.

Antes del diseño se analizaron modelos los cuales nos proporcionaron las pautas principales para el diseño final del sistema de Tratamiento de aguas residuales, el mismo que consta inicialmente de un pre tratamiento como son las rejillas, para posteriormente pasar a una trampa de grasas, luego se dirige a un sedimentador primario para pasar al sistema de coagulación – floculación de allí a filtración de carbón activado y luego llevarlo a un sedimentador secundario ver ANEXO I.

3.1. CÁLCULOS Y RESULTADOS

3.1.1. CALCULO DEL VOLUMEN EN LA ISLA DE CARGA

Se calcula el volumen de agua después de haber culminado la limpieza en los tanques de almacenamiento como los tanques son rectangulares se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_1 = b * h * a$$

$$V_1 = 1.02 * 1.04 * 2.00$$

$$V_1 = 2.122 \text{ m}^3$$

Además se calcula el volumen de agua en el canal:

$$V_{11} = b * h * a$$

$$V_{11} = 448 * 0.15 * 0.32$$

$$V_{11} = 22.176 \text{ m}^3$$

Se calcula el volumen total de la isla de carga:

$$V_{T1} = V_1 + V_{11}$$

$$V_{T1} = 2.122 + 22.176$$

$$V_{T1} = 24.298 \text{ m}^3$$

3.1.2. CALCULO DEL VOLUMEN EN LA ISLA DE DESCARGA

Posteriormente se calcula el volumen de la isla de descarga con la siguiente ecuación:

$$V_2 = b * h * a$$

$$V_2 = 1.02 * 1.04 * 2.00$$

$$V_2 = 2.122 \text{ m}^3$$

Igualmente se calcula el agua en el canal de la isla de descarga con la ecuación:

$$V_{21} = b * h * a$$

$$V_{21} = 280 * 0.15 * 0.32$$

$$V_{21} = 13.86 \text{ m}^3$$

Se calcula el volumen total de la isla de descarga:

$$V_{T2} = V_2 + V_{21}$$

$$V_{T2} = 2.122 + 13.86$$

$$V_{T2} = 15.982 \text{ m}^3$$

Finalmente se calcula el volumen total con la ecuación:

$$V_T = V_{T1} + V_{T2}$$

$$V_T = 24.298 + 15.982$$

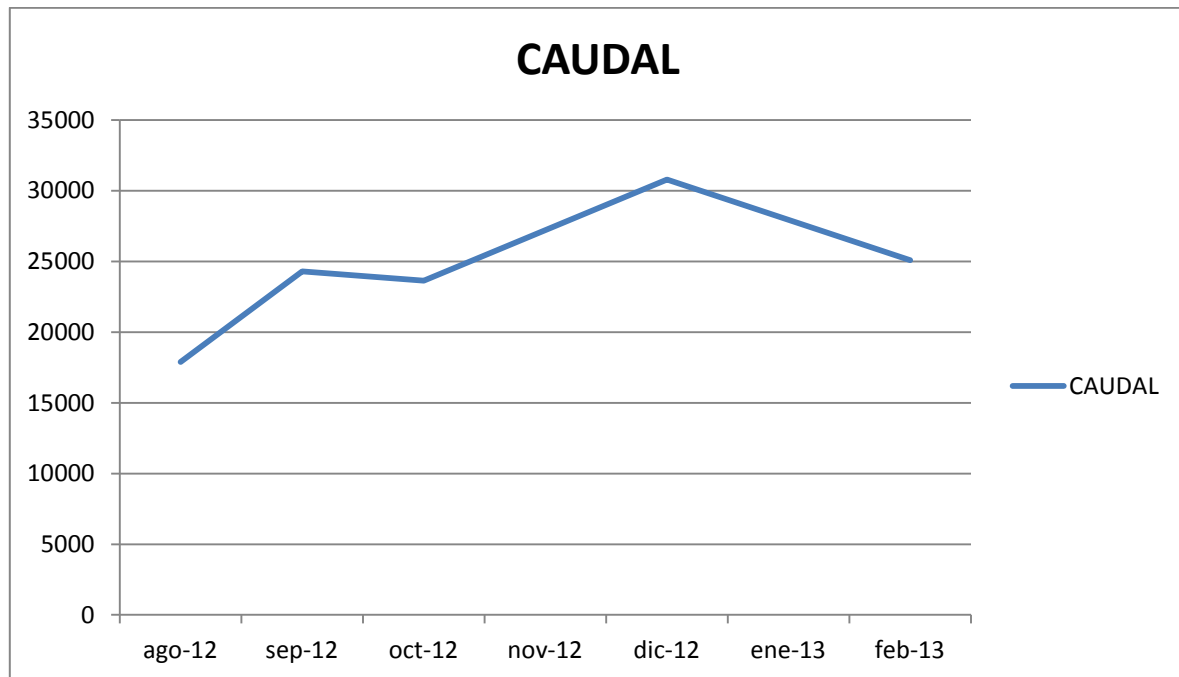
$$V_T = 40.28 \text{ m}^3$$

3.1.3. DATOS DEL VOLUMEN

Tabla XXIX DATOS DEL VOLUMEN DE AGUA PARA LA LIMPIEZA DE LA ISLA DE CARGA

FECHA	MUESTRAS	UNIDAD	CANTIDAD
Agosto 2012	VOLUMEN	<i>L</i>	17893
Septiembre 2012	VOLUMEN	<i>L</i>	24298
Octubre 2012	VOLUMEN	<i>L</i>	23625
Diciembre 2012	VOLUMEN	<i>L</i>	30793
Febrero 2013	VOLUMEN	<i>L</i>	25092

FUENTE: AUTOR

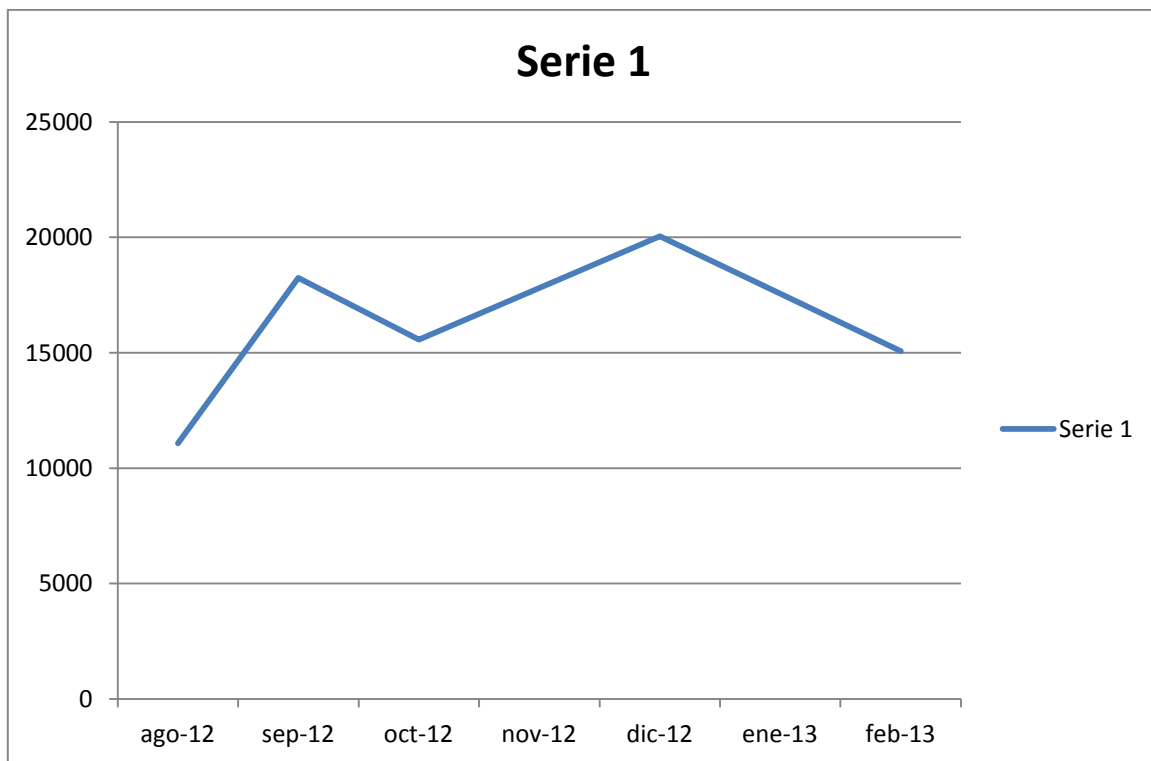


FUENTE: Autor

**Tabla XXX DATOS DEL VOLUMEN DE AGUA PARA LA LIMPIEZA DE LA ISLA
DE DESCARGA**

FECHA	MUESTRAS	UNIDAD	CANTIDAD
Agosto 2012	VOLUMEN	<i>L</i>	11081
Septiembre 2012	VOLUMEN	<i>L</i>	18249
Octubre 2012	VOLUMEN	<i>L</i>	15561
Diciembre 2012	VOLUMEN	<i>L</i>	20042
Febrero 2012	VOLUMEN	<i>L</i>	15062

FUENTE: AUTOR



FUENTE: Autor

Cabe recalcar que los datos de diciembre aumentaron debido a que el agua pluvial se mezcló con el agua residual debido al invierno.

3.1.4. CALCULO DEL CAUDAL

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{40280 \text{ L}}{1 \text{ día}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

$$Q = 1.4 \text{ L/s} = 0.0014 \text{ m}^3/\text{s} = 40.28 \text{ m}^3/\text{d}$$

NOTA: El día equivale a día laborable y esto a 8 horas de trabajo.

3.1.5. CALCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA

- Se calcula el área

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0.0014 \text{ m}^3/\text{s}}{0.45 \text{ m/s}}$$

$$A = 0.0031 \text{ m}^2$$

- Se despeja y se calcula el diámetro

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\sqrt{D^2} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 (0.0031 \text{ m}^2)}{3.1416}}$$

$$D = 0.063 \text{ m}$$

3.1.6. CÁLCULOS PARA EL CANAL

- Las dimensiones del canal para las islas de carga y descarga se han basado en las medidas de los canales alrededor de las mismas:

$$b = 0,32 \text{ m}$$

$$h = 0,50 \text{ m}$$

- El área transversal del canal se calcula con la ecuación:

$$A = b * h$$

$$A = 0,32 \text{ m} * 0,50 \text{ m}$$

$$A = 0,16 \text{ m}^2$$

- Se calcula el radio hidráulico usando la ecuación.

$$R = \frac{b * h}{b + 2h}$$

$$R = \frac{0,32 \text{ m} * 0,50 \text{ m}}{0,32 \text{ m} + 2 * 0,50 \text{ m}}$$

$$R = 0,1212 \text{ m}$$

- Luego se calcula la velocidad a la que se transporta el agua residual mediante la siguiente ecuación, usando.

$$S = \text{pendiente}$$

$$S = 0,00057$$

$$n = 0,013$$

$$v = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

$$v = \frac{1}{0.013} * 0.1212^{2/3} * 0.00057^{1/2}$$

$$v = 0.448 \text{ m/s}$$

3.1.7. CÁLCULOS PARA LAS REJILLAS

El sistema de tratamiento de aguas residuales, dispondrá de dos rejillas, ubicadas en el canal de cada isla a continuación se realizan los cálculos para las rejillas.

Tabla XXXI DATOS, ALGUNOS DE LOS SIGUIENTES VALORES SE OBTIENEN DE LA TABLA VI.

VARIABLE	DATOS
Caudal	1.4L/s
Ancho	0.33m
Profundidad	0.50 m
Separación entre barras	25 mm
Pendiente con relación a la vertical	45°
Velocidad de aproximación	0,45 m/s
Espesor de la barra	5 mm
Tipo de barra	= 1,79 (valor β para forma rectangular)

FUENTE: AUTOR

- Se calcula el área entre barras mediante la ecuación:

$$A_b = \frac{Q}{V}$$

$$A_b = \frac{0.0014 \text{ m}^3/\text{s}}{0.45 \text{ m/s}}$$

$$A_b = 0.0031 \text{ m}^2$$

- Para el cálculo de la sección transversal del flujo:

$$A_1 = \frac{A_b(W + e)}{W}$$

$$A_1 = \frac{0.0031(0.025 + 0.005)}{0.025}$$

$$A_1 = 0.00372 \text{ m}^2$$

➤ Se calcula el número de barras, utilizando la ecuación:

$$N^\circ = \frac{b - W}{W - e}$$

$$N^\circ = \frac{0.32 - 0.025}{0.025 - 0.005}$$

$$N^\circ = 15 \text{ barras}$$

➤ Se requiere conocer el nivel máximo de agua, a través de la ecuación:

$$d_{max} = \frac{Q}{v * b}$$

$$d_{max} = \frac{0.0014}{0.45 * 0.32}$$

$$d_{max} = 0.00972 \text{ m}$$

➤ Con el valor máximo del agua se calcula la longitud sumergida de la rejilla:

$$L_s = \frac{d_{max}}{\text{sen}_f}$$

$$L_s = \frac{0.00972 \text{ m}}{\text{sen } 45}$$

$$L_s = 0.0102 \text{ m}$$

➤ Se calcula la pérdida de carga:

$$h_c = \beta \left(\frac{e}{W} \right)^{4/3} \frac{V^2}{2g} \text{sen} \phi$$

$$h_c = 1.79 \left(\frac{0.005}{0.025} \right)^{4/3} \frac{V 0.45^2}{2 * 9.8} \text{sen} 45$$

$$h_c = 0.00153 \text{ m}$$

3.1.8. CÁLCULOS PARA TRAMPA DE GRASAS

Para calcular el área se debe partir de las siguientes características. Se recomienda que haya una relación de ancho / longitud de 1:3 hasta 1:18

El caudal $Q = 40.28 \text{ m}^3/d$

1 día = 8 h

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

$$A = \frac{40.28 \text{ m}^3/d}{30 \text{ m}^3 * \text{m}^2/d}$$

$$A = 1.343 \text{ m}^2$$

➤ Se calcula el ancho de la trampa de grasa con la ecuación:

$$A_n = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$A_n = \sqrt{\frac{1.343 \text{ m}^2}{2}}$$

$$A_n = 0.82 \text{ m}$$

➤ El ancho y longitud debe tener una relación 1/3

$$Lg = An * 3$$

$$Lg = 0.82 * 3$$

$$Lg = 2.46 \text{ m}$$

- El volumen de la trampa de grasa se calcula mediante la ecuación:

$$V = An * Lg * h$$

$$V = 0.82 * 2.46 * 1.00$$

$$V = 2.017 \text{ m}^3$$

- El tiempo de retención hidráulico se calcula mediante la ecuación:

$$Trh = \frac{Q}{V}$$

$$Q = \frac{40.28 \text{ m}^3}{d} * \frac{1 \text{ d}}{8 \text{ h}} = 5.04 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Trh = \frac{5.04 \text{ m}^3/\text{h}}{2.017 \text{ m}^3}$$

$$Trh = 2.50 \text{ h}$$

Se toman de las recomendaciones de Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño. Romero J:

- Los diámetros de entrada y salida

$$\phi e = 50 \text{ mm}$$

$$\phi s = 100 \text{ mm.}$$

- El extremo final del tubo de entrada a 150 mm.
- El tubo de salida a 150 mm del fondo del tanque
- Con una sumergencia de por lo menos 0.90m.

3.1.9. CÁLCULOS PARA EL SEDIMENTADOR PRIMARIO

- El área superficial del sedimentador primario para el sistema de tratamiento se obtiene por medio de la ecuación:

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

$$A = \frac{40.28 \text{ m}^3/d}{24 \text{ m}^3 * \text{m}^2/d}$$

$$A = 1.678 \text{ m}^2$$

- Se calcula el ancho del sedimentador usando la ecuación:

$$A_n = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$A_n = \sqrt{\frac{1.678 \text{ m}^2}{2}}$$

$$A_n = 0.91 \text{ m}$$

- El largo del sedimentador, se calcula despejando la variable de la ecuación:

$$L_g = \frac{A}{A_n}$$

$$L_g = \frac{1.678}{0.91}$$

$$L_g = 1.84 \text{ m}$$

- Se calcula el volumen del tanque mediante la siguiente ecuación:

$$V = A_n * L_g * h$$

$$V = 0.91 * 1.8 * 1.00$$

$$V = 1.638 \text{ m}^3$$

- El diámetro del sedimentador se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{1.678}{3.14159}}$$

$$\phi = 1.46 \text{ m}$$

- El tiempo de retención hidráulico se calcula mediante la ecuación:

$$Trh = \frac{Q}{V}$$

$$Q = \frac{40.28 \text{ m}^3}{d} * \frac{1 d}{8 h} = 5.04 \text{ m}^3/h$$

$$Trh = \frac{5.04 \text{ m}^3/h}{1.638 \text{ m}^3}$$

$$Trh = 3.077 \text{ h}$$

- Para la determinación del área de la sección transversal se determina a partir de la ecuación:

$$At = \frac{V}{Lg}$$

$$At = \frac{1.638 \text{ m}^3}{1.8 \text{ m}}$$

$$At = 0.91 \text{ m}^2$$

- El cálculo del porcentaje de remoción DBO5 y sólidos suspendidos, usando valores de la tabla X obtenido en el sedimentador primario, usando la ecuación.

$$R = \frac{Trh}{a + bTrh}$$

$$R = \frac{3.077}{0.018 + (0.02 * 3.077)}$$

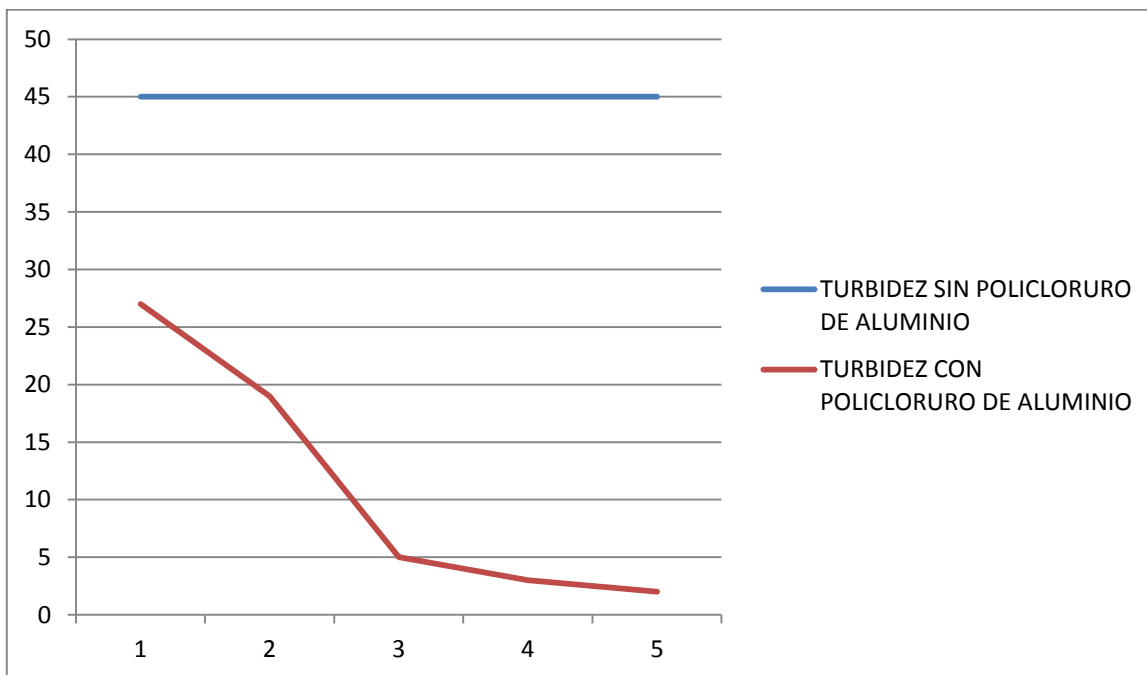
$$R = 38.68 \%$$

3.1.10. TEST DE JARRAS

3.1.10.1. DOSIFICACIÓN IDEAL DE POLICLORURO DE ALUMINIO AL 25%(P/V)

Numero de jarras a 500 mL	Tiempo (min)	Dosis de cloruro de policloruro de aluminio al 25% (mg/L)	ph	Turbidez antes de agregar el policloruro de aluminio al 25% NTU	Turbidez después de la agregación de policloruro de aluminio 25% NTU
1	60	1	6.10	45	27
2	60	2	6.10	45	19
3	60	5	6.10	45	5
4	60	10	6.10	45	3
5	60	20	6.10	45	2

FUENTE: Autor



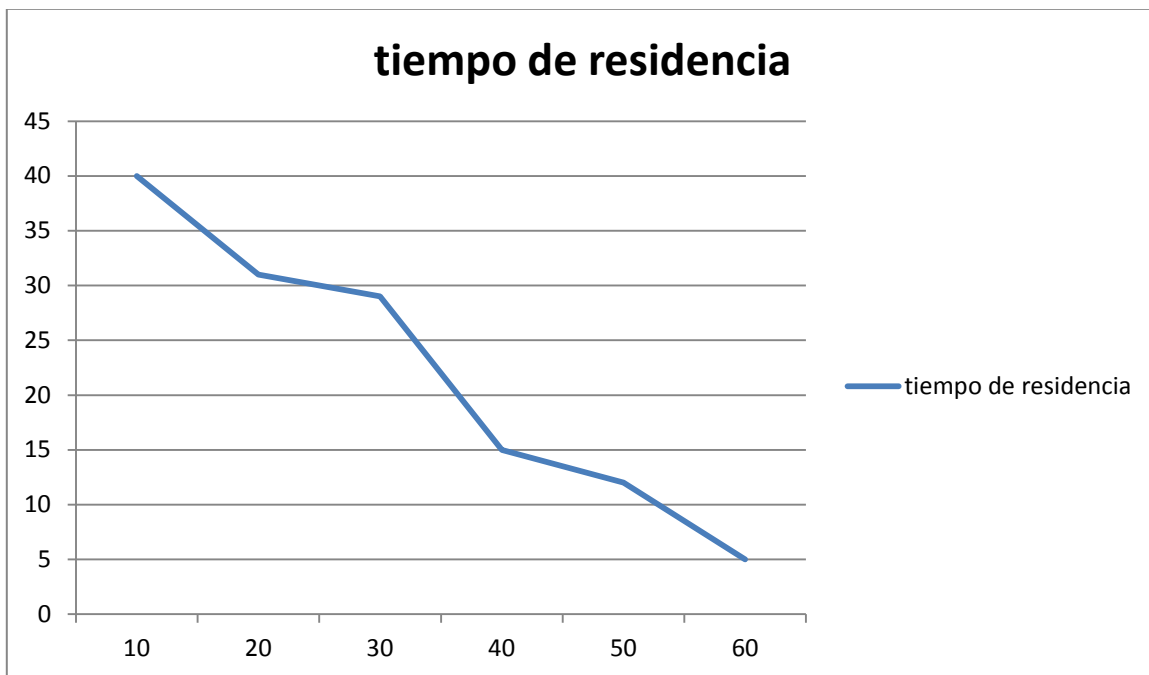
FUENTE: Autor

Nota: La dosis óptima de policloruro de aluminio es de 5.0 mg/L con una turbidez del 5 NTU seguido de un tiempo de reposo de 60 minutos ya que es aceptable 5 NTU para la organización mundial de la salud.

3.1.10.2. TIEMPO DE RESIDENCIA

Tiempo (min)	Dosis de cloruro de policloruro de aluminio al 25% (5mg/L)
10	40
20	31
30	29
40	15
50	12
60	5

FUENTE: Autor



FUENTE: Autor

NOTA: El tiempo adecuado de agitar es de 60 min ya que se obtiene 5 NTU de turbidez límite permitido ambientalmente.

3.1.10.3. CÁLCULOS PARA EL TANQUE DE COAGULACION – FLOCULACIÓN

Las fórmulas a usarse son similares a las del sedimentador primario, sin embargo la carga superficial es diferente usaremos para este caso 40 y los valores a usarse son los detallados en la tabla XIV, el área del tanque de coagulación - floculación se determina a partir de la ecuación:

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

$$A = \frac{40.28 \text{ m}^3/d}{40 \text{ m}^3 * \text{m}^2/d}$$

$$A = 1.007 \text{ m}^2$$

➤ Se calcula el ancho del tanque de coagulación – floculación usando la ecuación:

$$A_n = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$A_n = \sqrt{\frac{1.007 \text{ m}^2}{2}}$$

$$A_n = 0.70 \text{ m}$$

- El largo del tanque, se calcula despejando la variable de la ecuación:

$$L_g = \frac{A}{A_n}$$

$$L_g = \frac{1.007 \text{ m}^2}{0.70 \text{ m}}$$

$$L_g = 1.43 \text{ m}$$

- Se calcula el volumen del tanque mediante la siguiente ecuación:

$$V = A_n * L_g * h$$

$$V = 0.70 * 1.43 * 1.00$$

$$V = 1.001 \text{ m}^3$$

- El diámetro del tanque de coagulación - floculación se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{1.007 \text{ m}^2}{3.14159}}$$

$$\emptyset = 1.132 \text{ m}$$

- El tiempo de retención hidráulico se calcula mediante la ecuación:

$$Trh = \frac{Q}{V}$$

$$Q = \frac{40.28 \text{ m}^3}{d} * \frac{1 \text{ d}}{8 \text{ h}} = 5.04 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Trh = \frac{5.04 \text{ m}^3}{1.007 \text{ m}^3}$$

$$Trh = 5.004 \text{ h}$$

- El tanque de floculación va a disponer de paletas, para lo cual se debe calcular la potencia necesaria a través de la ecuación:

$$P = G^2 * \mu * V$$

$$P = 10^2 * 2.359 * 10^{-5} * (10^5)$$

$$P = 2.35.9 \text{ pies lbs/s}$$

$$P = 0.31 \text{ Kw}$$

- Se calcula el área de la sección transversal de las paletas en base a la ecuación:

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * v^3}$$

$$A = 1.4 \text{ m}^2$$

3.1.11. CALCULOS DEL FILTRO BIOLÓGICO CON CARBÓN ACTIVADO

- La constante de tratabilidad se calcula mediante la ecuación:

$$K_T = 0.037 (1.08)^{T-15}$$

$$K_T = 0.047 \text{ m/d}$$

- Se calcula el volumen de filtro con la ecuación:

$$V = \frac{Q \ln \left(DBO_{AFLUENTE} / DBO_{EFLUENTE} \right)}{k_T * S}$$

$$V = \frac{40.28 \ln(545 / 120)}{0.047 * 800}$$

$$V = 0.40 \text{ m}^3$$

- Se calcula la eficiencia con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{DBO_{AFLUENTE} - DBO_{EFLUENTEgh}}{DBO_{AFLUENTE}} * 100$$

$$E = \frac{545 - 120}{545} * 100$$

$$E = 77.98 \%$$

- Para el cálculo del área superficial del filtro se utiliza la ecuación:

$$A_F = \frac{V_F}{P}$$

$$A_F = \frac{0.40}{1}$$

$$A_F = 0.40$$

- Se calcula el largo y ancho del filtro:

$$L = \sqrt{A_F}$$

$$L = \sqrt{0.40}$$

$$L = 0.632 \text{ m}$$

- Se calcula la carga orgánica con la ecuación:

$$W = C * Q$$

$$W = 0.545 * 40.28$$

$$W = 21.95 \text{ Kg/d}$$

- Y se calcula la eliminación de la *DBO* utilizando la ecuación:

$$DBO_{ELIMINADA} = E * W$$

$$DBO_{ELIMINADA} = 77.98 * 21.95$$

$$DBO_{ELIMINADA} = 1711.67$$

3.1.12. CALCULOS DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO

- El área del sedimentador secundario se calcula con la ecuación:

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

$$A = \frac{40.28 \text{ m}^3/\text{d}}{24 \text{ m}^3 * \text{m}^2/\text{d}}$$

$$A = 1.678 \text{ m}^2$$

- El diámetro del sedimentador secundario se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{1.678 \text{ m}^2}{3.14159}}$$

$$\emptyset = 1.46 \text{ m}$$

- El reparto central, se calcula mediante la ecuación:

$$R_{central} = \emptyset * 25\%$$

$$R_{central} = 1.46 \text{ m} * 25\%$$

$$R_{central} = 0.365 \text{ m}$$

- La altura de reparto se calcula:

$$H_{reparto} = \frac{1}{4} * profundidad$$

$$H_{reparto} = \frac{1}{4} * 3$$

$$H_{reparto} = 0.75 \text{ m}$$

- La carga de vertedero de salida, se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$carga \text{ del vertedero} = \frac{Q}{\pi * \emptyset}$$

$$carga \text{ del vertedero} = \frac{0.0014}{3.14159 * 1.46}$$

$$carga \text{ del vertedero} = 0.000305 \text{ m}^2/s$$

- Se requiere calcular el ancho del sedimentador por medio de la siguiente ecuación:

$$A_n = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$A_n = \sqrt{\frac{1.678}{2}}$$

$$A_n = 0.91$$

- El largo del sedimentador, se calcula despejando la variable de la ecuación:

$$L_g = \frac{A}{A_n}$$

$$L_g = \frac{1.678 \text{ m}^2}{0.91 \text{ m}}$$

$$L_g = 1.84 \text{ m}$$

- Se calcula el volumen del tanque mediante la siguiente ecuación:

$$V = A_n * L_g * h$$

$$V = 0.91 \text{ m} * 1.8 \text{ m} * 1.00 \text{ m}$$

$$V = 1.638 \text{ m}^3$$

- El tiempo de retención hidráulico se calcula mediante la ecuación:

$$Trh = \frac{Q}{V}$$

$$Q = \frac{40.28 \text{ m}^3}{d} * \frac{1 \text{ d}}{8 \text{ h}} = 5.04 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Trh = \frac{5.04}{1.638}$$

$$Trh = 3.077 \text{ h}$$

4. RESULTADOS

➤ CANAL

Tabla XXXII RESULTADOS EN EL CANAL:

VARIABLES	RESULTADOS
Base	0,32 <i>m</i>
Altura	0,50 <i>m</i>
Área transversal	0,16 <i>m</i> ²
Radio hidráulico	0.121 <i>m</i>
Velocidad	0.448 <i>m/s</i>

FUENTE: Autor

➤ REJILLAS

Tabla XXXIII RESULTADOS EN LAS REJILLAS:

VARIABLES	RESULTADOS
área entre barras	0.0031 <i>m</i> ²
número de barras	15 <i>barras</i>
nivel máximo de agua	0.00972 <i>m</i>
longitud sumergida	0.0102 <i>m</i>
pérdida de carga	0.00153 <i>m</i>

FUENTE: Autor

➤ **TRAMPA DE GRASAS**

Tabla XXXIV RESULTADOS EN LA TRAMPA DE GRASA:

VARIABLES	RESULTADOS
área	2.017 m^2
ancho	0.82 m
longitud	2.46 m
volumen	2.017 m^3
tiempo de retención hidráulico	2.50 h
diámetros de entrada salida	50 mm
diámetros de salida	100 mm
extremo final del tubo de entrada	150 mm
El tubo de salida del fondo del tanque	150 mm
sumergencia	0.90 m

FUENTE: Autor

➤ **SEDIMENTADOR PRIMARIO**

Tabla XXXV RESULTADOS EN EL SEDIMENTADOR PRIMARIO:

VARIABLES	RESULTADOS
área superficial	1.678 m^2
ancho del sedimentador	0.91
largo del sedimentador	1.84 m
volumen del tanque	1.638 m^3
diámetro del sedimentador	1.46 m
tiempo de retención hidráulico	3.077 h
área de la sección transversal	0.91 m^2
porcentaje de remoción DBO5	38.68%

FUENTE: Autor

➤ **TANQUE DE FLOCULACION Y COAGULACION**

Tabla XXXVI RESULTADOS EN EL TANQUE DE FLOCULACIÓN Y COAGULACIÓN:

VARIABLES	RESULTADOS
área del tanque de floculación	1.007 m^2
ancho del sedimentador	0.70 m
largo del sedimentador	1.43 m
volumen del tanque	1.001 m^3
diámetro del sedimentador	1.132 m
tiempo de retención hidráulico	5.004 h
potencia	0.31 Kw
área de la sección transversal	1.4 m^2

FUENTE: Autor

➤ **FILTRO BIOLÓGICO DE CARBÓN ACTIVADO**

Tabla XXXVII RESULTADOS EN EL FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO:

VARIABLES	RESULTADOS
constante de tratabilidad	0.047 m/d
volumen de filtro	0.40 m^3
eficiencia	77.98%
área superficial del filtro	0.40 m^2
largo	0.632 m
carga orgánica	21.95 Kg/d
eliminación de la <i>DBO</i>	1711.67

FUENTE: Autor

➤ **SEDIMENTADOR SECUNDARIO**

Tabla XXXVIII RESULTADOS EN EL SEDIMENTADOR SECUNDARIO:

VARIABLES	RESULTADOS
área superficial	1.678 m^2
diámetro	1.46 m
reparto central	36.5 m
altura de reparto	0.75 m
carga de vertedero	$0.000305 \text{ m}^2/\text{s}$
ancho del sedimentador	0.91 m
largo	1.84 m
volumen del tanque	1.638 m^3
tiempo de retención hidráulico	3.077 h

FUENTE: Autor

4.1. PROPUESTA

En sí con este proyecto se determina que en las islas de carga y descarga debido a la limpieza generan una gran cantidad de contaminantes los mismos que fueron detallados en las anteriores tablas, se analizado los resultados constatando que están fuera de los límites permisibles asignados por el reglamento sustitutivo ambiental de las operaciones hidrocarburíferas en el Ecuador, lo cual nos ha conllevado a emitir una propuesta adecuada de tratamiento para reducir esta contaminación y se cumpla con los parámetros emitidos por la ley ambiental.

Se observó en las aguas residuales residuos sólidos de gran tamaño e insectos por lo cual se tomó la decisión de colocar rejillas a las salidas de cada isla las mismas que tienen como meta retener aquellos sólidos que pueden presentar problemas en los posteriores procesos del tratamiento estos sólidos e insectos se recogerán de forma manual evitando la obstrucción del paso del fluido.

Luego de las rejillas el fluido pasa a una primera etapa, se ubicará un tanque de sedimentación primaria eliminando entre un 25 a 40% de DBO, y entre un 50 a 65% de sólidos suspendidos y sólidos totales.

Una vez que ya este absuelto de sólidos grandes y pequeños el fluido pasa a un proceso de coagulación – floculación los mismos que proporcionan la ayuda de unificar los sólidos suspendidos y sólidos disueltos contaminantes a ellos sumergirlos y poderlos separar del fluido en el posterior paso.

Culminada la etapa primaria de tratamiento primario y homogenizado cursan a la etapa secundaria la cual consta del proceso de filtro biológico el cual es uno de los más importantes procesos ya que elimina carga orgánica fenoles e hidrocarburos entre un 70 a 90%.

Finalmente pasa a un sedimentador secundario en donde se sedimentan los flóculos formados eliminándose de ésta manera el 80 a 90 % de sólidos, también se elimina el 80 % de la DQO y 95 % DBO.

4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En el sistema de tratamiento de aguas residuales debe comprender de un pre tratamiento como se mencionó anteriormente por la presencia de aceites en el agua descargada e hidrocarburos nos conlleva a colocar una trampa de grasa la cual retendrá el aceite y combustibles, de sólidos gruesos, los sólidos totales se ha observado que están fuera de los límites permisibles establecidos por RAHOE, siendo de 610 mg/L en la isla de carga y 500 mg/L para la isla de descarga; al unirles el agua de las dos islas se necesita de una sedimentación para eliminar de un 45 a 60 %.

Es muy importante observar que los resultados de los análisis físico-químicos en la tabla XXVII y XXVIII para la isla de carga en relación a la isla de descarga, presentan un mayor grado de contaminación lo cual se debe al tamaño de las mismas y que frecuentemente hay mayor derramamiento de combustibles.

La materia orgánica representada por DBO y DQO, como se denota en la tabla XXVII y XXVIII presenta un valor elevado siendo indispensable un tratamiento con carbón activado y sedimentación secundaria.

El caudal para el diseño del canal, rejillas y sedimentador primario, para el diseño del tanque de coagulación floculación, para el filtro de carbón activado y tanque de sedimentación secundaria se usa la suma de los caudales de las islas pero cabe recalcar que se maneja con válvulas de compuerta a la salida de los tanques de almacenamiento que posee para regular la velocidad del fluido adecuado para su ingreso a la planta de tratamiento, cuyo caudal no cause daño a la sistema de tratamiento.

ANALISIS DE RESULTADOS DE LA ISLA DE CARGA

PARAMETRO	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO	EFICIENCIA %
Potencial hidrógeno	7.05	7.27	0
Conductividad eléctrica	622	172	73
Hidrocarburos totales	573.50	20	96
Demanda química de oxígeno	1306	30	97.3
Sólidos totales	1540	112	92.73
Bario	<1	<1	<1
Cromo (total)	<0.3	<0.3	<0.3
Plomo	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio	<0.5	<0.5	<0.5
Nitrógeno global (incluye N orgánico, amoniacal y óxidos)	16.13	1.5	16.13
Fenoles	0.52	0.02	96.15
Demanda bioquímica de oxígeno	742	17	97.7

FUENTE: AUTOR

ANALISIS DE RESULTADOS DE LA ISLA DE DESCARGA

PARAMETRO	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO	EFICIENCIA %
Potencial hidrógeno	7.05	7.27	0
Conductividad eléctrica	566	172	72.79
Hidrocarburos totales	<0.25	20	0
Demanda química de oxígeno	597	30	94.97
Sólidos totales	720	112	84.44
Bario	<1	<1	0
Cromo (total)	<0.3	<0.3	0
Plomo	<0.3	<0.3	0
Vanadio	<0.5	<0.5	0
Nitrógeno global (incluye N orgánico, amoniacal y óxidos)	4.03	1.5	62.78
Fenoles	0.37	0.02	94.59
Demanda bioquímica de oxígeno	388	17	742

FUENTE: AUTOR

4.3. PRESUPUESTO ECONOMICO

4.3.1. COSTO DE DISEÑO

CANTIDAD	EQUIPOS Y ACCESORIOS	MATERIAL	CAPACIDAD DIMENSIONAMIENTO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	rejilla	metal	15 barras	120	240
1	Trampa de grasa	hormigón	1 m x 1.5 m	600	600
2	Tanque de sedimentación	hormigón	1 m x 1.5 m	400	800
1	Tanque de coagulación – floculación	Hormigón	1 m x 1.5 m	500	500
1	Filtro de carbón activado	Metal	1 m x 1 m	700	700
10	Codos 90 °	pvc	2.5 plg	1.50	15
1	T	pvc	2.5 plg	2	2
2	bombas	Hierro fundido	1 hp	407	814
5	Válvulas de globo	Acero inoxidable	2.5 plg	60	400
4	Válvulas de compuerta	Acero inoxidable	2.5 plg	70	280
25 m	tubería	pvc	2.5 plg	5	75
TOTAL					4426

FUENTE: Autor

4.3.2. COSTO POR OPERACIÓN MENSUAL

DETALLE	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Operario	700	700
Mantenimiento	200	200
Servicios	50	50
Tratamiento 1 quintal de policloruro de aluminio	200	200
1 quintal carbón activado	500	500
Realización de obra	2000	2000
TOTAL		3650

FUENTE: Autor

4.3.3. COSTO TOTAL

Costo de diseño	4426
Costo por operación	3650
TOTAL	8076

FUENTE: Autor

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que en el terminal E.P.Petroecuador las aguas residuales se originan por dos fuentes puntuales: los efluentes producidos en las islas de carga de combustible y en las islas de descarga, producto del expendio y trasiego de los combustibles respectivamente los mismos que emiten un caudal.
- Se realizó la toma de muestras del agua residual enmarcándose dentro de las normas y métodos con un alto control de calidad, con la finalidad de asegurar la confiabilidad de los resultados para ofrecer resultados exactos y precisos. Y fue realizada por los laboratorios acreditados por la OAE.
- Se reportó los parámetros los cuales estaban fuera del límite permitido por EL RAHOE que contaminan las aguas residuales como son: aceites, TPH respectivamente, DQO, DBO, residuos de combustible, detergentes y grasas un alto porcentaje.
- Se diseñó el sistema de Tratamiento de las descargas líquidas, en su primera alternativa: Rejilla, luego una trampa de grasa, seguido del tanque de sedimentación primaria, sigue de un tanque de coagulación floculación, seguido de un Filtro de Carbón Activado, seguido de un Sedimentador Secundario estos procesos que conforman el sistema posee una eficiencia del 85 % de efectividad.
- Se concluyó que el sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto en la Estación de Servicios PETROECUADOR se trata de un conjunto de unidades de tratamiento que actúan con procesos físicos – químicos y procesos biológicos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda cumplir el reglamento ambiental RAOHE 1215, sobre todo en lo que respecta a los monitoreos realizados en el terminal y los parámetros que se deben analizar.
- Uno de las problemáticas en las terminales, estaciones de servicio y gasolineras (ya que se considera que solo el 3% del combustible se pierde por evaporación) es la evaporación de los gases volátiles presentes en los combustibles, por ello se propone la captación y recuperación de dichos gases.
- Se recomienda mantener en constante capacitación a los trabajadores de la estación de servicios sobre el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento de descargas líquidas y todas sus unidades de tratamiento.
- El sistema de tratamiento propuesto se trata de un conjunto de procesos físicos de tratamiento, se recomienda que en el futuro se estudie la posibilidad de la implementación y complementación de éste por medio de procesos químicos.
- Se recomienda la construcción de este diseño ya que es eficaz para la reducción de la contaminación ambiental.

6. BIBLIOGRAFIA

1. **CABALLERO,P.**, Métodos Estándar para el examen de Aguas Potables y Residuales., 11ª ed., México - México., Editorial Interamericana., 1963., Pp. 81; 116 – 120; 279 – 288; 322 – 323; 356 – 357.
2. **CRITES, R., y otros.**, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2 ed., Bogotá – Colombia., McGraw – Hill Interamericana., 2000., Pp. 33 – 67; 243 – 265; 304.
3. **GREEN, D., y otros.**, Perry Manual del Ingeniero Químico., 6ed., México – México., Mc Graw Hill, 1995., (Tomo II) Capitulo IV., Pp. 54.
4. **HACH Be.**, Manual de Análisis de Aguas., 2ed., Colorado - EEUU., Loveland., 2000., Pp. 40 – 80.
5. **METCALF & EDDY.**, Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento Vertido y Reutilización., 3ed., Madrid – España., McGraw – Hill Interamericana., 1995., Pp. 508 – 515; 538 – 551; 555 – 557; 605 – 682.
6. **RAMALHO, R.**, Tratamiento de Aguas Residuales., 2 ed., Barcelona–España., Editorial Reverté., 1993., Pp. 253 – 260.

7. **TERENCE, J.**, Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, 1ª. ed., Bogotá – Colombia., McGraw – Hill Interamericana., 2000., Pp. 424 – 463.
8. **VALDEZ, E.**, Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Las Aguas Residuales., 2 ed., Barcelona –España.,Reverté., 2001., Pp. 243 – 250. 133.
9. **SOCIEDAD AMERICANA PARA PRUEBAS Y MATERIALES.**, Manual de Aguas para usos Industriales., 3 ed., México – México., Linusa, 1976 Pp. 55 – 96.
10. **DINAPA.**, Reglamento Sustituto del Reglamento Ambiental para Las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador., Quito – Ecuador (RAOHE)., 2001., Pp. 12; 45 – 59.
11. **ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN).**, SALTOS, M., Técnicas de Muestreo., Norma Nº 2176., Quito – Ecuador., INEN., 1998., Pp. 1-12
12. **CARACTERÍSTICAS RESIDUALES**
http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Caracter%C3%ADsticas_de_las_aguas_residuales(2012 - 10 - 13)
13. **CONTAMINANTES HIDROCARBUROS TOTALES**
http://Caracter%C3%ADsticas_de_las_aguas_residuales
p://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts123.html.

(2011-11-09)

14. CONTROL DEL PROCESO COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN

http://www.ucm.es/info/otri/complutecno/fichas/tec_cnegro1.htm(2011 - 11-09)

15. CROMO – VANADIO

<http://www.bvsde.opsoms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/uno.pdf>. (2011 - 11-09)

16. ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales(2011 - 11-09)

17. FILTRO BIOLOGICO DE CARBON ACTIVADO

<http://repositorio.eppetroecuador.ec/bitstream/20000/119/1/T-UCE-091.PDF>(2011 - 11-09)

18. UTILIZACIÓN DE REACTORES

<http://www.fing.edu.uy/iq/maestrias/DisenioReactores/materiales/notas1.pdf> (2011 - 11-09)

19. PORCENTAJES DE REDUCCIÓN DE LOS PROCESOS

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/aguaresi.pdf>. (2011 - 11-09)

20. SEDIMENTADOR SECUNDARIO

<http://repositorio.eppetroecuador.ec/bitstream/20000/90/1/T-UCE-077.PDF>(2011-11-09)

21. SISTEMAS DE TRATAMIENTO

<http://biblio2.ugb.edu.sv/bvirtual/9316/capitulo5.pdf> (2012 - 09 - 30)

22. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguasresiduales/Caracter%C3%ADsticas_de_las_aguas_residuales (2011 - 09 - 30)

23. TRATAMIENTOS DE EFLUENTES CARACTERIZACIÓN

http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema_9.pdf (2013 - 02 - 19)

24. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema_9.pdf (2013 - 08 - 14)

25. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES MEDIANTE UTILIZACIÓN DE REACTORES

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/vazquez_r_d/capitulo2.pdf (2011 - 12 - 07)

26. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, INDUSTRIALES

<http://www.lenntech.es/tratamiento-de-aguas-residuales.htm> (2012 - 04 - 25)

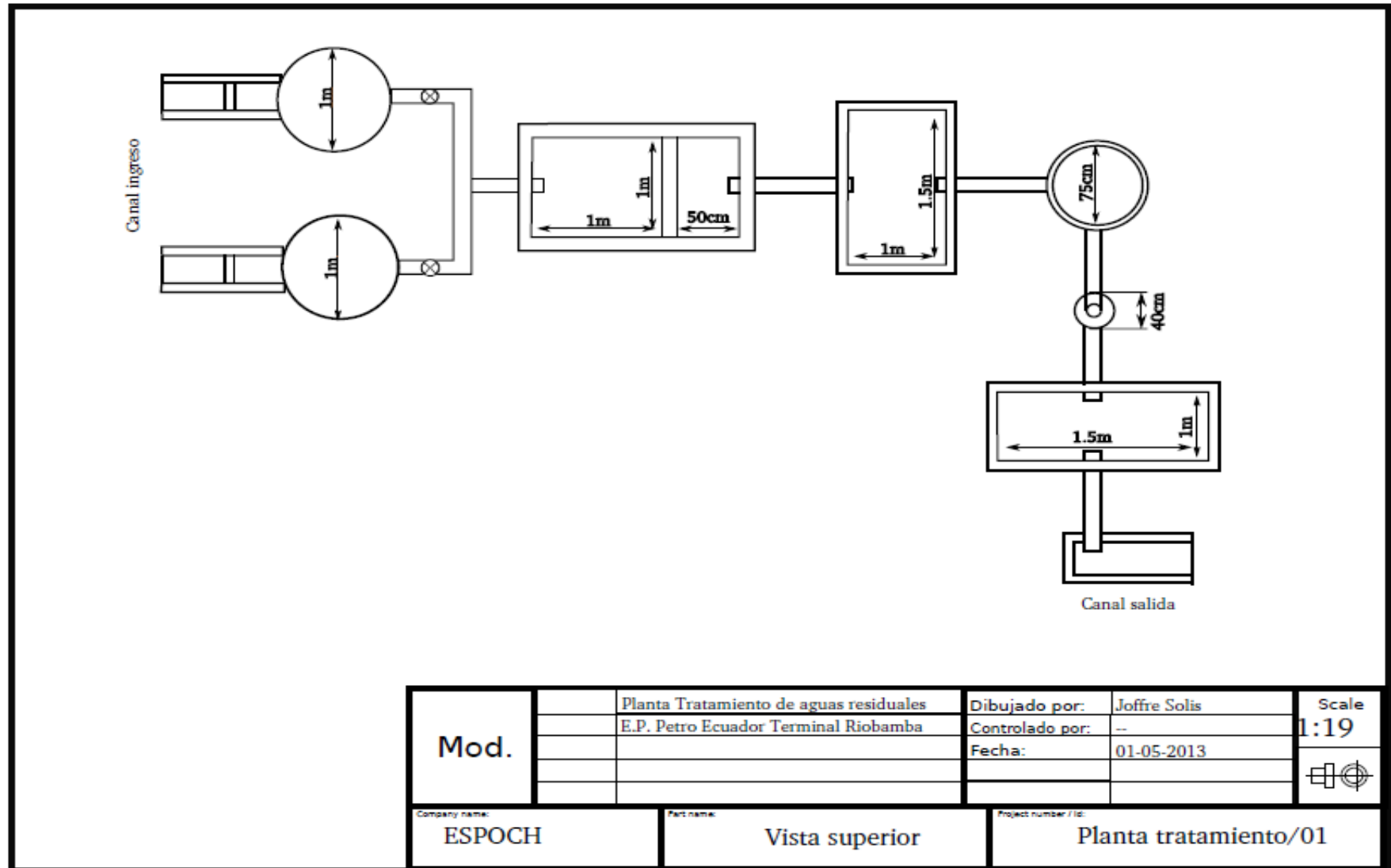
27. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales (2012 - 07 - 18)

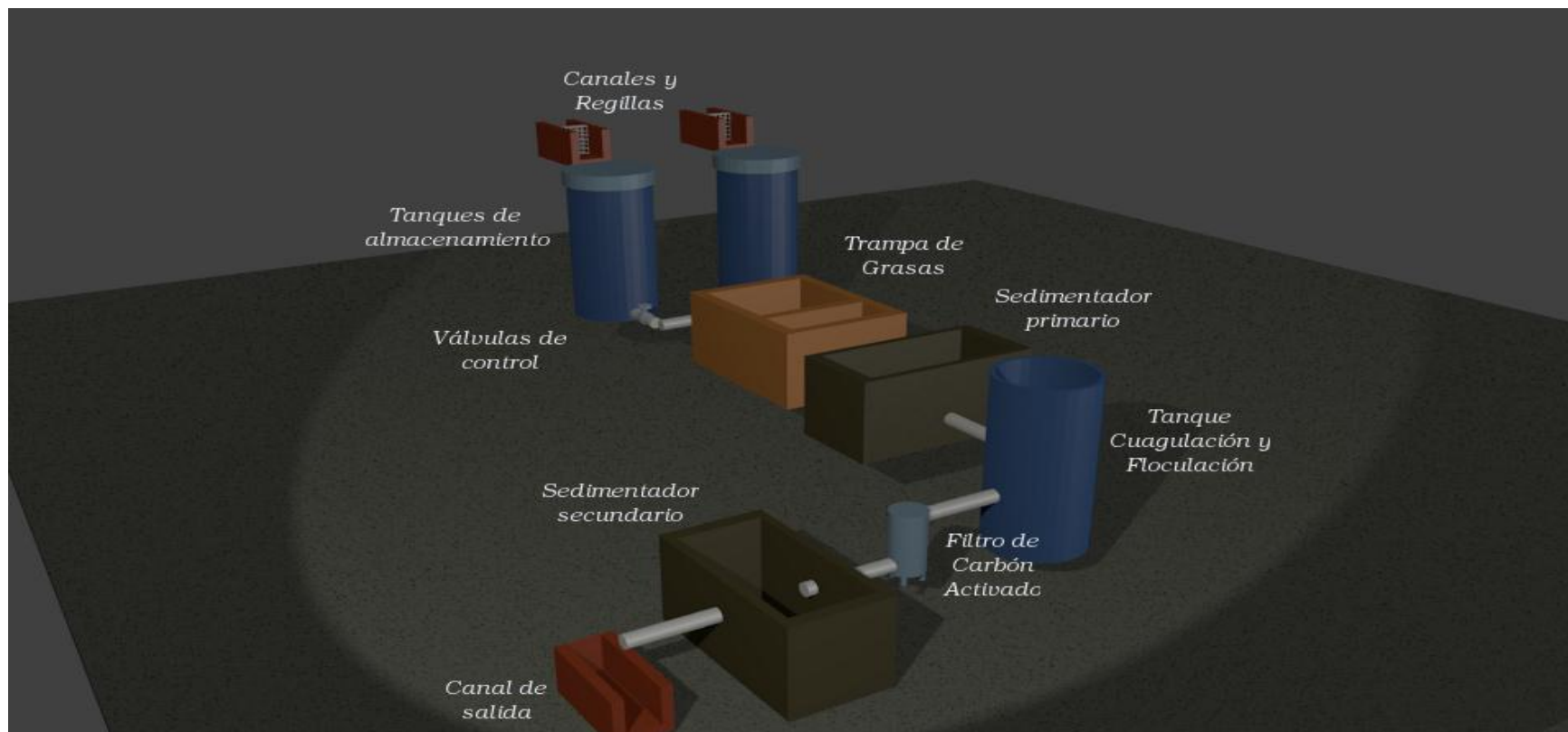
28. TRAMPA DE GRASA

[http://apuntesdeingenieracivil.blogspot.com/2012/04/
manual-de-diseno-trampas-de-grasa.html](http://apuntesdeingenieracivil.blogspot.com/2012/04/manual-de-diseno-trampas-de-grasa.html)(2013 - 10 - 25)

PLANO VISTA SUPERIOR DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



ANEXO I DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



NOTAS DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	CATEGORIAS DEL DIAGRAMA ○ CERTIFICADO ○ POR APROBAR ○ APROBADO	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA SOLIS RODRIGUEZ JOFFRE GERARDO	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			1 A	X: Y:	2012 – 05-01

ANEXO III ISLA DE DESCARGA



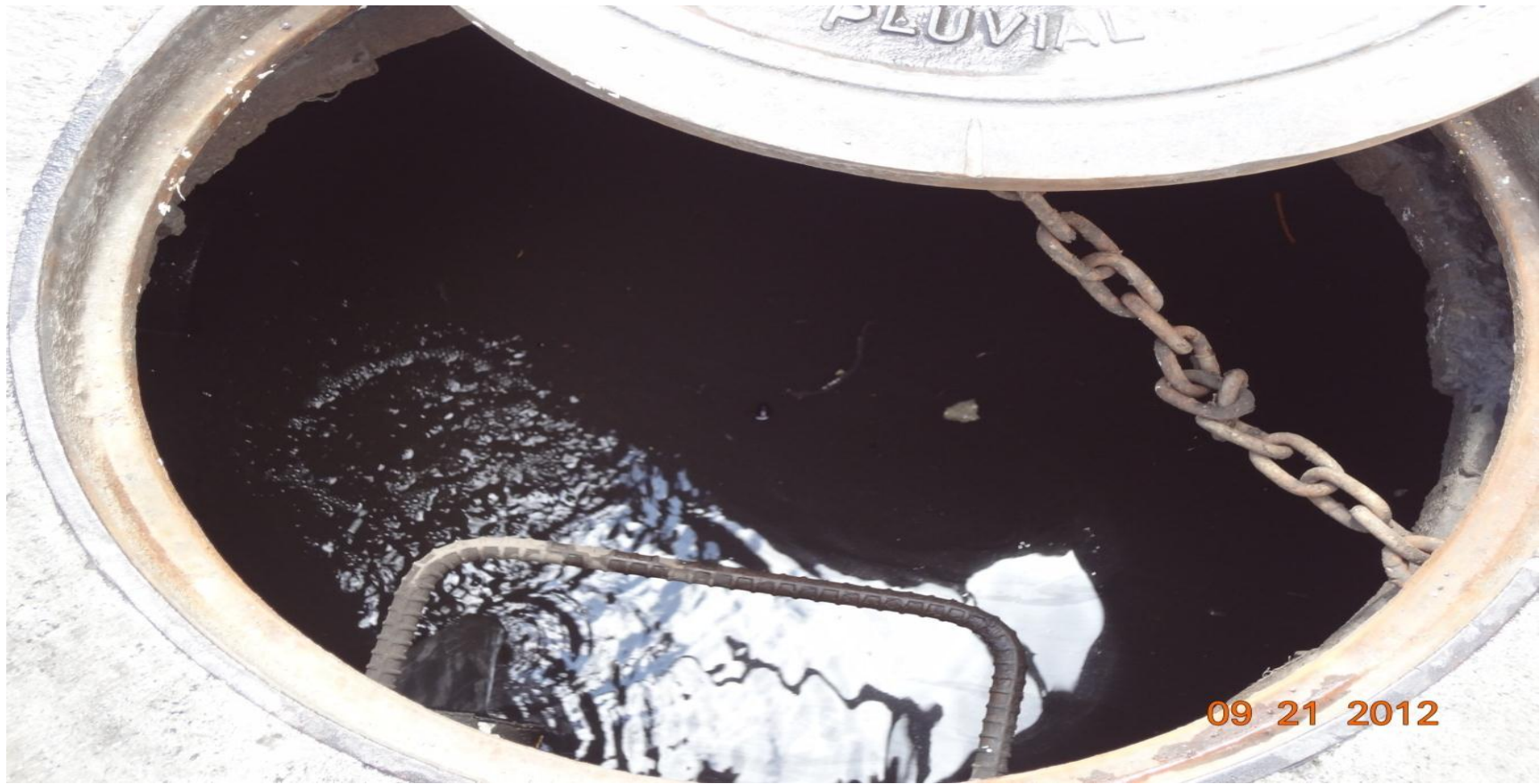
NOTAS ISLA DE DESCARGA	CATEGORIAS DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> ○ CERTIFICADO ○ POR APROBAR ○ APROBADO 	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA SOLIS RODRIGUEZ JOFFRE GERARDO	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			1 A	X: Y:	2012 – 09 - 21

ANEXO IIIISLA DE CARGA



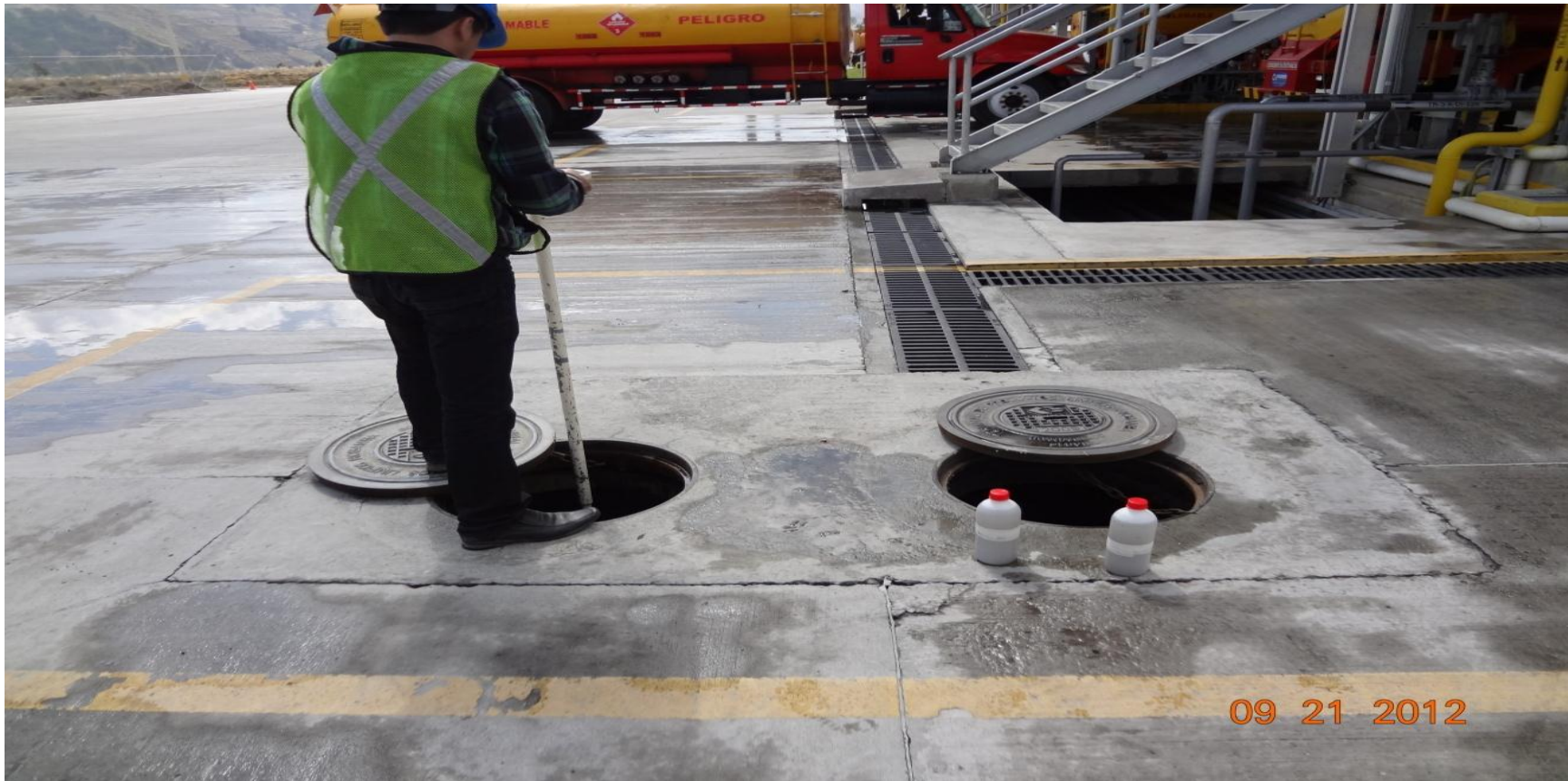
NOTAS ISLA DE CARGA	CATEGORIAS DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA SOLIS RODRIGUEZ JOFFRE GERARDO	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none"> ○ CERTIFICADO ○ POR APROBAR ○ APROBADO 		3 A	X: Y:	2012 – 09 - 21

ANEXO IV TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



NOTAS TANQUE DE ALMACENAMIE NTO DE AGUAS RESIDUALES	CATEGORIAS DEL DIAGRAMA ○ CERTIFICADO ○ POR APROBAR ○ APROBADO	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA SOLIS RODRIGUEZ JOFFRE GERARDO	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			4 A	X: Y:	2012 – 09 - 21

ANEXO VTANQUE DE ALMACENAMIENTO



NOTAS TOMA DE MUESTRA	CATEGORIAS DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA SOLIS RODRIGUEZ JOFFRE GERARDO	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none"> ○ CERTIFICADO ○ POR APROBAR ○ APROBADO 		5 A	X: Y:	2012 – 09 - 21

ANEXO VIPRESERVACION DE MUESTRA



NOTAS PRESERVACION DE MUESTRA	CATEGORIAS DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> ○ CERTIFICADO ○ POR APROBAR ○ APROBADO 	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA SOLIS RODRIGUEZ JOFFRE GERARDO	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			6 A	X: Y:	2012 – 09 - 21

ANEXO VII LIMPIEZA DE LAS ISLAS



NOTAS LIMPIEZA RUTINARIA DE LAS ISLAS	CATEGORIAS DEL DIAGRAMA ○ CERTIFICADO ○ POR APROBAR ○ APROBADO	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA SOLIS RODRIGUEZ JOFFRE GERARDO	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO		
			LAMINA	ESCALA	FECHA
			7A	X: Y:	2012 – 09 - 21

ANEXO VIIIANALISIS AMBIENTAL EN LA ISLA DE DESCARGA

 LABCESTA Tecnologías & Soluciones SCC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAF ACREDITACIÓN N° OAF LE 2C 06-008
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No:

1197
12 - 0509 ANALISIS DE AGUAS

Nombre Prestatario:

NA

Ata.

Se. Joffre Solís

Dirección:

Av. de los Héroes y Brasil

FECHA:

29 de Septiembre del 2012

NÚMERO DE MUESTRAS:

1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2012 / 09 / 21 - 12:10

FECHA DE MUESTREO:

2012 / 09 / 21 - 14:00

FECHA DE ANÁLISIS:

2012 / 09 / 21 - 2012 / 09 / 29

TIPO DE MUESTRA:

Agua Industrial

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

LAB- A 1706-12

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

MI

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

PETROCOMERCIAL ISLADESCARGA

CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:

Físico-Químico
Ej. Joffre Solís
T máx: 25.0 °C, T mín: 15.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (n=2)
Hidrocarburos totales	PEL-ABCESTA/07 TBOCC 1005	mg/L	73.50	< 20	±3%
Demanda Química de Oxígeno	PEL-ABCESTA/09 APHA 5220 D	mg/L	1306	< 120	±3%
Sólidos Totales	PEL-ABCESTA/10 APHA 2540 B	mg/L	440	< 1700	±6%
Boro	PEL-ABCESTA/27 APHA 3030 B, 3111 D	mg/L	< 1	< 5	±10%
Cromo Total	PEL-ABCESTA/28 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	< 0.3	< 0.5	±27%
Promo	PEL-ABCESTA/29 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	< 0.3	< 0.5	±20%
Vanado	PEL-ABCESTA/30 APHA 3030 B, 3111 D	mg/L	< 0.3	< 1	±21%
*Nitrógeno Total	PEL-ABCESTA/88 Kjeldahl	mg/L	16.13	-	-
Compositos fósforos	PEL-ABCESTA/14 APHA 5550 C	mg/L	0.032	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados están indicados solo están relacionados con los datos ingresados

MC01-14

Página 1 de 2
Ejeción 1

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

LAMINA	ESCALA	FECHA
8 A	X: Y:	2012 - 09 - 21

**EPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
SOLIS RODRIGUEZ JOFFRE GERARDO**

CATEGORIAS DEL DIAGRAMA

- CERTIFICADO
- POR APROBAR
- APROBADO

**NOTAS
ANALISIS DE
LOS
PARAMETROS**



LABCESTA
Tecnología & Soluciones

SOC

**LABORATORIO DE
ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN**

Paseo Marítimo Sur Km. 1 ½
Teléfono: (02) 2998232
ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
RIOABAMBA - ECUADOR

**LABORATORIO DE
ENSAYO ACREDITADO
POR EL OAE**

ACREDITACIÓN
Nº OAE LE 2C 06-008

INFORME DE ENSAYO N°:
ST:

1197
12-0509 ANALISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario:

NA

Adu:

Se. Joffre Solís

Dirección:

Av. de los Héroes y Brasil

FECHA:

29 de Septiembre del 2012

NUMERO DE MUESTRAS:

1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2012 / 09 / 21 - 12:10

FECHA DE MUESTREO:

2012 / 09 / 21 - 15:00

FECHA DE ANÁLISIS:

2012 / 09 / 21 - 2012 / 09 / 29

TIPO DE MUESTRA:

Agu. Industrial

CÓDIGO LABCESTA:

LAB- A1710-12

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

ME

PUNTO DE MUESTREO:

PETROQUIMICA LA ISLA DE CARGA

ANÁLISIS SOLICITADO:

Fisico-Químico

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

Eg. Joffre Solís

CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:

T. amb.: 25.0 °C, T. min.: 15.0°C

RESULTADOS ANALITICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (n=2)
Hidrocarburos totales	PEL.LABCESTA/07 TNOC 1005	mg/L	< 0.25	< 30	±10%
Demanda Química de Oxígeno	PEL.LABCESTA/09 APHA 5220 D	mg/L	397	< 120	±3%
Sólidos Totales	PEL.LABCESTA/10 APHA 2540 B	mg/L	300	< 1700	±12%
Boro	PEL.LABCESTA/27 APHA 3030 B, 3111 D	mg/L	< 1	< 5	±16%
Cromo Total	PEL.LABCESTA/28 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	< 0.3	< 6.5	±27%
Fenolo	PEL.LABCESTA/29 APHA 3030 B, 3111 B	mg/L	< 0.3	< 6.5	±36%
Variedad	PEL.LABCESTA/30 APHA 3030 B, 3111 D	mg/L	< 0.5	< 1	±21%
*Nitrógeno Total Kjeldahl	PEL.LABCESTA/88 Kjeldahl	mg/L	4.03	-	-
Compostos funcionales	PEL.LABCESTA/14 APHA 5530 C	mg/L	< 0.02	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados están indicados sólo como relacionados con los objetivos establecidos.

MC-01-14

Página 1 de 2
Edición 1

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

LAMINA

9 A

ESCALA

X: Y:

FECHA

2012 - 09 - 21

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
SOLIS RODRIGUEZ JOFFRE GERARDO

CATEGORIAS DEL DIAGRAMA

- CERTIFICADO
- POR APROBAR
- APROBADO

NOTAS
TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES

